IX Международная научно-практическая конференция

«Морские исследования и образование»

IX International conference
«Marine Research and Education»

MARESEDU-2020

ТРУДЫ КОНФЕРЕНЦИИ / CONFERENCE PROCEEDINGS
Том II (III) / Volume II (III)

26-30 октября 2020 г.

УДК [551.46+574.5](063)

ББК 26.221я431+26.38я431+28.082.40я431

Т78

Труды IX Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2020)» Том II (III): [сборник]. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2020, 253 с.: ISBN 978-5-6045536-3-3.

Сборник «Труды IX Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2020)» 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, геофизика, рациональное природопользование и подводное культурное наследие.

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.

Мероприятия проведено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект №20-05-22025.

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», 2020
© ООО «ПолиПРЕСС»

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, Беломорская биологическая станция имени Н.А. Перцова биологического факультета при поддержке геологического, географического и биологического факультетов МГУ имени М.В. Ломоносова рады приветствовать Вас на IX Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU – 2020)».

В рамках конференции 2020 года предлагается обсудить 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 университетского сообществ в организации междисциплинарных морских исследований и интеграции практических работ с образованием в мореведении.

Мероприятия проведены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект №20-05-22025. Около 50% докладов российских участников мероприятия подготовлены по результатам реализации проектов, поддержанных РФФИ.

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;
Беломорская биологическая станция имени Н.А. Перцова Биологического факультета;
Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова;
Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова;
Биологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова.

КООРДИНАТОР

ЦМИ МГУ

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

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

РФФИ

Российский фонд фундаментальных исследований

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

ЛОБКОВСКИЙ ЛЕОПОЛЬД ИСАЕВИЧ (председатель организационного комитета)	Член-корреспондент 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

АХМАНОВ ГРИГОРИЙ ГЕОРГИЕВИЧ (председатель программного комитета)	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.н.
ДЕМИДОВ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ (сопредседатель программного комитета)	Доцент, с.н.с. кафедры океанологии Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, к.г.н.
СУБЕТТО ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ (сопредседатель программного комитета)	Декан факультета географии РГПУ имени А.И. Герцена, д.г.н.
ТОКАРЕВ МИХАИЛ ЮРЬЕВИЧ (сопредседатель программного комитета)	Заместитель декана Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, к.т.н.
ЦЕТЛИН АЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ (сопредседатель программного комитета)	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 Государственного океанографического института имени Н.Н. Зубова, к.г.н
КРАШЕНИННИКОВА СВЕТЛАНА БОРИСОВНА	Старший научный сотрудник Института 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	С.н.с. лаборатории физико-геологических исследований Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, к.г.-м.н.
ПЛЕШКОВ АНТОН ЮРЬЕВИЧ	Генеральный директор ООО "Морские инновации"
РЫБАЛКО АЛЕКСАНДР ЕВМЕНЬЕВИЧ	Профессор кафедры геоморфологии СПбГУ, в.н.с. ФГБУ "ВНИИОкеангеология", главный научный сотрудник ЦАСД МГУ, д.г.-м.н.
СПИРИДОНОВ ВАСИЛИЙ АЛЬБЕРТОВИЧ	Ведущий научный сотрудник Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, , д.б.н.
СЫЧЕВ ВИТАЛИЙ ИВАНОВИЧ	Профессор кафедры океанологии РГГМУ, эксперт МОК ЮНЕСКО и МНОК РФ, к.ф.-м.н.
ФАЗЛУЛЛИН СЕРГЕЙ МАРАТОВИЧ	Президент Конфедерации подводной деятельности России, 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 II (III) / Volume II (III)

Оглавление / Contents

Программа конференции / Conference Programme

Тезисы / Abstracts

Гидрология. Устные доклады

ИЗМЕНЕНИЕ ПАВОДОЧНОГО СТОКА РЕК БАССЕЙНА БАЙКАЛА В 1979–2018 ГГ.

Григорьев В.Ю., Харламов М.А., Семенова Н.К., Сазонов А.А., Чалов С.Р.……40

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ АЛЬТИМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДАННЫХ ОБ УРОВНЕ ВОДЫ (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ КОЛЫМА)

Семенова Н.К. , Фролова Н.Л., Захарова Е.А.……..44

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ДАННЫХ РЕАНАЛИЗА ERA-5

Григорьев В.Ю., Фролова Н.Л., Киреева М.Б., Степаненко В.М.……47

ВНУТРИГОДОВОЕ И МНОГОЛЕТНЕЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ И ИХ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

Василенко А.Н., Магрицкий Д.В., Фролова Н.Л.……..51

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА КАСПИЙСКОГО МОРЯ ДО КОНЦА 21 ВЕКА ПО КЛИМАТИЧЕСКИМ СЦЕНАРИЯМ

Наурозбаева Ж.К., Лобанов В.А.……55

ВЛИЯНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХ НА ТОЛЩИНУ НАМЕРЗНАНИЯ ЛЬДА ВБЛИЗИ ЯКУТСКА

Фролов Д.М……60

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ЗИМНЕГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПРИЛИВНОГО УСТЬЯ Р. ВАРЗУГИ

Ахмерова Н.Д., Крастынь Е.А., Куликова Ж.М., Мигунов Д.А., Панченко Е.Д., Горин С.Л.,

Терский П.Н.……64

ЗИМНИЕ СТУДЕНЧЕСКИЕ ЭКСПЕДИЦИИ ГИДРОЛОГОВ МГУ В УСТЬЯ РЕК БЕЛОГО МОРЯ В 2014-2020 ГГ.

Терский П.Н., Алабян А.М., Горин С.Л., Демиденко Н.А., Панченко Е.Д., Попрядухин А.А.,

Фролова Н.Л.……68

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УСТЬЯХ РЕК ОНЕГИ И СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СЦЕНАРИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Панченко Е.Д., Алабян А.М., Крыленко И.Н., Лебедева С.В., Голосной Д.А.……72

СКОЛЬКО В РОССИИ МЕРОМИКТИЧЕСКИХ ОЗЕР?

Краснова Е.Д.....76

ИССЛЕДОВАНИЕ СРЕДООБРАЗУЮЩЕЙ РОЛИ МЕЛКОВОДНЫХ МЕТАНОВЫХ СИПОВ ЧЕРНОГО МОРЯ НА ПРИМЕРЕ ДВУХ РАЙОНОВ (БУХТЫ ЛАСПИ И ГОЛУБАЯ)

Иванова И.Н., Будников А.А., Малахова Т.В., Мурашова А.И.....80

К ВОПРОСУ О ДИНАМИКЕ БЕРЕГОВ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Санин А.Ю.....84

Гидрология. Стендовые доклады

ИЗМЕНЧИВОСТЬ БУДУЩЕГО СТОКА РЕКИ ЛЕНЫ

Калугин А.С.....90

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ЗИМНЕГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПРИЛИВНЫХ УСТЬЕВ РЕК ТЕРСКОГО БЕРЕГА БЕЛОГО МОРЯ НА ПРИМЕРЕ РЕК УМБА И КУЗРЕКА

Смирнова Д.А., Шишов А.А., Василенко А.Н., Ефимов В.А., Агафонова С.А.....94

ИССЛЕДОВАНИЯ СВЯЗИ ТЕРМИЧЕСКОГО И ЛЕДОВОГО РЕЖИМОВ РЕК РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ ПО ДАННЫМ МНОГОЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Василенко А.Н., Агафонова С.А., Фролова Н.Л.....98

Морская геология Арктического бассейна. Устные доклады

ОБРАЗОВАНИЕ ОСТРОВОВ НА ШЕЛЬФЕ МОРЕЙ ЛАПТЕВЫХ И ВОСТОЧНО- СИБИРСКОГО

Пижанкова Е.И., Гаврилов А.В.....103

ПРИМЕНЕНИЕ ОСЛ ДАТИРОВАНИЯ В ИЗУЧЕНИИ БЕРЕГОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Курбанов Р.Н., Семиколенных Д.В., Бутузова Е.А.....107

ОСОБЕННОСТИ ЛЕДНИКОВЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА В ВОСТОЧНО-БАРЕНЦЕВОМОСКОЙ ВПАДИНЕ И В ЖЕЛОБЕ СЕДОВА ПО ДАННЫМ РЕЙСА TTR-19

Василевская Я.А., Соловьева М.А., Ахманов Г.Г.....110

РЕЛЬЕФ ДНА И ПОЗДНЕВАЛДАЙСКОЕ ОЛЕДЕНИЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Мороз Е.А., Кохан А.В., Зарайская Ю.А., Сухих Е.А., Разумовский А.А., Ананьев Р.А.....114

МОРФОДИНАМИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ И РАЙОНИРОВАНИЕ БЕРЕГОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Ермолов А.А., Кизяков А.И., Илюшин Д.Г.....118

КОНФИГУРАЦИЯ ЛЕДОВОГО ПОКРОВА В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ

Монтелли А., Соловьева М.А., Ахманов Г.Г.....121

ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ МИКРОЧАСТИЦ В ПОСТУПЛЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНОВ БЕЛОГО И КАРСКОГО МОРЕЙ

Шевченко В.П., Боев А.Г., Лохов А.С., Стародымова Д.П., Воробьев С.Н., Крицков И.В.,

Лим А.Г., Новигатский А.Н., Покровский О.С.……126

ПОСЛЕЛЕДНИКОВАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ БЕЛОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ МИКРОПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Агафонова Е.А., Полякова Е.И., Новичкова Е.А.……130

ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БЕЛОГО МОРЯ: ТИПИЧНЫЙ ПРИМЕР ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРОВА ДОННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ВО ВНУТРЕННИХ БАССЕЙНАХ ГЛЯЦИАЛЬНОЙ ЗОНЫ

Рыбалко А.Е., Никонов К.А., Парамонова М.С.……134

ГЕОХИМИЯ ПОРОВЫХ ВОД ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ШЕЛЬФА БАРЕНЦЕВА МОРЯ В РАЙОНЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Казак Е.С., Ахманов Г.Г., Барковский М.Д., Шиндина Н.Е.……138

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРСКИХ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ ВБЛИЗИ СТОКА РЕКИ ИНДИГИРКИ

Винникова А.И., Душенко Н.В., Севастьянов В.С., Кузнецова О.В., Федулов В.С., Федулова В.Ю.……142

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО ДАННЫМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-19)

Валиева Э.И., Видищева О.Н., Полудеткина Е.Н., Егошина Е.Д., Чевелев В.К., Ахманов Г.Г.……146

ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОСАДКОВ В КАНДАЛАКШСКОМ ЗАЛИВЕ БЕЛОГО МОРЯ

Гинзбург К.А., Корост С.Р.……148

Морская геология Арктического бассейна. Стендовые доклады

МЕТАН В ПОДЗЕМНЫХ ЛЬДАХ ЗАПАДНОГО ЯМАЛА

Стрелецкая И.Д., Васильев А.А., Ванштейн Б.Г., Облогов Г.Е., Задорожная Н.А.,……152

РАССЕЯННОЕ ОСАДОЧНОЕ ВЕЩЕСТВО В МОРСКОЙ КРИОСИСТЕМЕ: СНЕГ–ДРЕЙФУЮЩИЙ ЛЕД–ПОДЛЕДНАЯ ВОДА АРКТИКИ И АНТАРКТИКИ

Новигатский А.Н., Клювиткин А.А.……155

ЛИТОФАЦИАЛЬНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНО-БАРЕНЦЕВОМОРСКОЙ ВПАДИНЫ (ПО ДАННЫМ РЕЙСА TTR-19)

Бычкова Е.С., Соловьева М.А., Ахманов Г.Г.……159

ЛЕДНИКОВЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ШЕЛЬФА БАРЕНЦЕВА МОРЯ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭВОЛЮЦИИ ОЛЕДЕНЕНИЯ (ПО ДАННЫМ РЕЙСА TTR-19)

Елисеев А.А., Соловьёва М.А., Ахманов Г.Г., Василевская Я.Н., Монтелли А.И.……163

ПЕРСПЕКТИВЫ ГАЗОНОСНОСТИ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА АКВАТОРИЙ АРКТИКИ

Кишанков А.В.……166

ОЦЕНКА РОЛИ ОЛЕДЕНЕНИЯ СРЕДНЕГО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА В ФОРМИРОВАНИИКРИОЛИТОЗОНЫ СЕВЕРА ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО ШЕЛЬФА

Гаврилов А.В., Малахова В.В., Пижанкова Е.И., Попова А.А.……168

ОСОБЕННОСТИ ЛЕДОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В АРКТИКЕ И УМЕРЕННЫХ ШИРОТАХ

Мазнев С.В., Огородов С.А.……172

НОВЫЕ ДАННЫЕ О РЕЛЬЕФЕ ДНА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-19

Кривцов А.Ю., Соловьёва М.А., Ахманов Г.Г., Буланова И.А.……175

ОЧАГИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЯНЫМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ В БАРЕНЦЕВО-КАРСКОМ БАССЕЙНЕ ПРИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХОГЕННЫХ НАГРУЗКАХ

Александрова А.Г.……179

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ЛЕДНИКОВЫХ ПАЛЕОДОЛИН СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО ДАННЫМ РЕЙСА TTR-19)

Соколова Е.О., Соловьёва М.А., Ахманов Г.Г., Буланова И.А.……182

МАКРОКОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОРОВЫХ ВОД ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЖЁЛОБА СЕДОВА БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Шиндина Н.Е., Казак Е.С., Барковский М.Д., Даниленко А.С., Ахманов Г.Г.……186

ИЗМЕРЕНИЕ ВЕЛИЧИН pH И Eh ПРИ ДИАГЕНЕЗЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ ШЕЛЬФА БАРЕНЦЕВА МОРЯ В РАЙОНЕ ВОСТОЧНО-БАРЕНЦЕВОМОРСКОЙ ВПАДИНЫ И ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЖЕЛОБА СЕДОВА

Барковский М.Д., Даниленко А.С., Казак Е.С., Шиндина Н.Е., Ахманов Г.Г.……190

Подводное культурное наследие. Устные доклады

UNDERWATER ARCHAEOLOGY OF CYPRUS ISLAND: HISTORY AND METHODOLOGY OF SURVEYS

Атеш М.А.……195

ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ: ПРОБЛЕМЫ И НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Горлов И.О., Статкус М.А.……199

О НАХОДКЕ ДЕРЕВЯННОГО СУДНА В МЕЛКОВОДНОЙ ЗОНЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Манукян Ю.А., Мажейка Йонас, Ежова Е.Е.……203

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДВОДНЫХ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПОРТОВОМ РАЙОНЕ ХЕРСОНЕСА ТАВРИЧЕСКОГО В 2020 г

Букатов А.А., Варлагин В.В., Ткаченко Ю.Г., Хохлов С.А.……206

МОРСКАЯ АРХЕОЛОГИЯ В СЕВАСТОПОЛЬСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Вахонеев В.В.……210

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ПРОГРАММАХ ПОДГОТОВКИ В ОБЛАСТИ МОРСКОЙ И ПОДВОДНОЙ АРХЕОЛОГИИ В АНГЛОГОВОРЯЩИХ СТРАНАХ И РОССИИ

Николаев И.Р., Горлов И.О. 214

ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ СЕРИИ ДОКУМЕНТАЛЬНЫХ ФИЛЬМОВ О ПОДВОДНОЙ АРХЕОЛОГИИ

Ткаченко Ю.Г., Хохлов С.А., Горлов И.О., Бардашов М.Н., Садеков Р.Н. 218

МОРСКОЕ И ПОДВОДНОЕ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ РОССИИ В СРЕДИЗЕМНОМ МОРЕ

Мозговой С.А. 221

Подводное культурное наследие. Стендовые доклады

ОТ ВИРТУАЛЬНОСТИ К РЕАЛЬНОСТИ: ВОЗМОЖНЫЙ ПУТЬ К СОЗДАНИЮ ПОДВОДНЫХ ПАРКОВ

Николаев И.Р., Горлов И.О. 226

КОНФИГУРИРУЕМАЯ, МАСШТАБИРУЕМАЯ РОБОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ПЛОЩАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АКВАТОРИИ ДИСТАНЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

Горлов И.О., Хохлов С.А. 230

РАССЧЁТ ВОДНО-ИЗОТОПНОГО БАЛАНСА ЧЕРНОМОСКОГО БАССЕЙНА ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКОГО ОПТИМУМА ГОЛОЦЕНА

Дикарёв В.А. 235

РЕЧНОЕ КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ ДОЛИНЫ РЕКИ ОКИ

Степина М.Н. 238

РЕПЛИКИ ИСТОРИЧЕСКИХ ПЛАВСРЕДСТВ: ТИПОЛОГИЯ И ФОРМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Платонова О.А. 241

К ВОПРОСУ О РЕПРЕЗЕНТАЦИИ ПОДВОДНОГО КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ В МУЗЕЯХ КАМПЕЧЕ (МЕКСИКА) И КАРТАХЕНЫ (ИСПАНИЯ)

Борисова Г.А. 245

СЕВЕРОДВИНСКИЙ ТОРГОВЫЙ ПУТЬ КАК ОБЪЕКТ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Бардашов М.Н. 249

«МИР БЕСКОНЕЧНОСТИ. АНДРЕ ЛАБАН» ВЫСТАВОЧНЫЙ ПРОЕКТ ОБ ИСТОРИИ ПОДВОДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ВСЕМИРНО ИЗВЕСТНОМ АКВАНАВТЕ АНДРЕ ЛАБАНЕ

Быкова А.О., Денисова М.Д. 253

ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

Понедельник 26 октября 2020

09.00-09.20	Открытие конференции. Приветственное слово Программного комитета			
9.20-12.20	Семинар: Углеводородные газы и газовые гидраты в морских отложениях	Круглый стол: Морские инновационные технологии	Гидрология	Круглый стол: Арктические экспедиции: изучение морских млекопитающих России (09.20-11.30)
12.20-13.30	Обеденный перерыв			
13.30-16.50	Семинар: Углеводородные газы и газовые гидраты в морских отложениях	Морская биология	Гидрология	
16.50-17.30	Кофе-брейк			
17.30-18.30	Стендовая секция: Углеводородные газы и газовые гидраты в морских отложениях	Стендовая секция: Морская биология	Стендовая секция: Гидрология	

Вторник 27 октября 2020

09.00-12.20	Морская биология	Морская геология Арктического бассейна	Подводное культурное наследие
12.20-13.30	Обеденный перерыв		
13.30-15.00	Морская биология	Морская геология Арктического бассейна	
15.00-17.00	Круглый стол: Выделение и картографирование сообществ (бентоса)		
17.00-17.30	Кофе-брейк		
17.30-19.00	Стендовая секция: Морская биология	Стендовая секция: Морская геология Арктического бассейна	Стендовая секция: Подводное культурное наследие

Среда 28 октября 2020

09.00-12.20	Морская геология	Морская биология	Океанология
12.20-13.30	Обеденный перерыв		
13.30-16.50	Морская геология	Морская биология	Океанология (13.30-15.50)

16.50-17.30	Кофе-брейк		
17.30-19.00	Стендовая секция: Морская геология	Стендовая секция: Морская биология	Стендовая секция: Океанология (16.00-19.00)

Четверг

29 октября 2020

09.00-12.20	Рациональное природопользование	Семинар: Геология крупных озер	Геофизика
12.20-13.30	Обеденный перерыв		
13.30-15.00	Рациональное природопользование	Гидрографические и геофизические исследования на акваториях Белого, Карского и Баренцева моря (13.30-16.50)	Геофизика (13.30-15.10)
15.15-.17.15	КРУГЛЫЙ СТОЛ: Морские и приморские особо охраняемые природные территории: значение для исследований динамики морских экосистем, платформа для научного сотрудничества, проблемы управления и создания		Секция научно-образовательных и научно-популярных фильмов (15.30-17.30)
17.30-18.00	Стендовая секция: Рациональное природопользование	Стендовая секция: Гидрографические и геофизические исследования на акваториях (17.00-18.00)	
18.00-19.00	Закрытие конференции. Заключительное слово от модераторов секций. Вручение сертификатов лучшим стендовым докладам		

Пятница

30 октября 2020

10.00-12.30	Special session on the UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development with a focus on the Arctic Region
12.30-14.00	Panel session on the World Association of Marine Stations and World Congress of Marine Stations
14.30-16.30	UK-Russia joint session on marine expeditions in the Arctic: Understanding Marine Biology and Biogeochemistry of the Changing Arctic Ocean: CAO and Russian Arctic marine research programmes
16.30-18.00	Special session on biological fouling - cross-cutting research opportunities

Семинар Углеводородные газы и газовые гидраты в морских отложениях		
модераторы:	**Матвеева Т.В. (ФГБУ"ВНИИОкеангеология")**	**Полудеткина Е.Н. (МГУ им. М.В. Ломоносова)**
09.00-09.20	Открытие конференции. Приветственное слово Программного комитета	
09.20-09.40	ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ ГАЗОГИДРАТОВ В ОХОТСКОМ МОРЕ И УСЛОВИЯ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ОХОТСКОМ МОРЕ	Обжиров А.И. 1 1 - ТОИ ДВО РАН
09.40-10.00	Дискуссия	
10.00-10.20	ИЗУЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГИДРАТА МЕТАНА В ПОРИСТОЙ СРЕДЕ ПОСРЕДСТВОМ СИНХРОТРОННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ	Дугаров Г.А. 1, Никитин В. 2, Фокин М.И. 1, Дучков А.А. 1 1 - ИНГГ СО РАН; 2 - Argonne National Laboratory (США)
10.20-10.40	КАРТИРОВАНИЕ ЗОНЫ СТАБИЛЬНОСТИ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ В АКВАТОРИЯХ МОРЕЙ РОССИИ	Матвеева Т.В. 1, Семёнова А.А. 1, Бочкарев А.В. 1 1 - ВНИИОкеангеология
10.40-11.00	УСЛОВИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ КРИОГЕННЫХ ГИДРАТОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА РОССИЙСКОЙ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ОКРАИНЕ	Друщиц В.А. 1, 1 - ГИЕ РАН
11.00-11.20	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ДЕСТАБИЛИЗАЦИЮ ВНУТРИМЕРЗЛОТНЫХ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ	Давлетшина Д.А. 1, Чувилин Е.М. 1, Екимова В.В. 1, Буханов Б.А. 1, Шахова Н.Е. 2,3, Семилетов И.П. 2,3,4 1 – Сколковский институт науки и технологий; 2 – ТПУ; 3 – Аляскинский университет в Фэрбенксе (Аляска, США); 4 – ТОИ ДВО РАН
11.20-11.40	ОЦЕНКА РОЛИ МИГРАЦИИ СОЛЕЙ В ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ ВНУТРИМЕРЗЛОТНЫХ ГАЗОГИДРАТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	Екимова В.В. 1, Чувилин Е.М. 1, Буханов Б.А. 1, Гребенкин С.И. 1, Шахова Н.Е. 2, Семилетов И.П. 3,4 1 - Сколтех; 2 - ООО «МГУ-геофизика»; 3 - Институт экологии НИУ ВШЭ; 4 - ТОИ ДВО РАН
11.40-12.00	МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕКЛИКТОВОЙ СУБАКВАЛЬНОЙ МЕРЗЛОТЫ И ЗОНЫ СТАБИЛЬНОСТИ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ НА ШЕЛЬФЕ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ	Щур Н.А. 1, Семёнова А.А. 1, Матвеева Т.В. 1 1- ВНИИОкеангеология
12.00-12.20	Дискуссия	
12.20-13.30	**Обеденный перерыв**	
13.30-13.50	ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ НА ЭВОЛЮЦИЮ РЕЛИКТОВОЙ СУБМАРИННОЙ МЕРЗЛОТЫ И ЗОНЫ СТАБИЛЬНОСТИ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ НА ШЕЛЬФЕ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ	Семёнова А.А. 1, Матвеева Т.В. 1, Щур Н.А. 1 1 - ВНИИОкеангеология
13.50-14.10	ПРОГНОЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АССОЦИИРОВАННЫХ С РЕЛИКТОВОЙ МЕРЗЛОТОЙ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ НА ШЕЛЬФЕ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ	Смирнов Ю.Ю. 1, Семёнова А.А. 2, Щур. Н.А. 2, Матвеева Т.В. 2 1- РГГМУ; 2 - ВНИИОкеангеология
14.10-14.30	ПРОБЛЕМЫ ГЕОТЕРМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ПРИ КАРТИРОВАНИИ ЗОНЫ СТАБИЛЬНОСТИ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ В ОХОТСКОМ МОРЕ	Бочкарев А.В. 1, Матвеева Т.В. 1, Семенова А.А. 1 1 - ВНИИОкеангеология
14.30-14-50	ЗАВИСИМОСТЬ ЭВОЛЮЦИИ ГИДРАТОНАСЫЩЕННОСТИ МОРСКИХ ОСАДКОВ	Суетнова Е.И. 1 1 - ИФЗ РАН

	ОТ ОСОБЕННОСТЕЙ ФИЛЬТРАЦИОННОГО РЕЖИМА МОРСКОГО ДНА	
14.50-15.10	СОВРЕМЕННАЯ И ПАЛЕО-ФЛЮИДОРАЗГРУЗКА В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ: ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПО ДАННЫМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-19	Соловьева М.А. 1,2, Видищева О.Н. 1, Ахманов Г.Г. 1, Монтелли А.И. 3 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ООО «Деко-геофизика»; 3 - Scott Polar Research Institute, University of Cambridge (UK)
15.10-15.30	СОСТАВ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ ГАЗОВ ИЗ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-19)	Егошина Е.Д. 1, Видищева О.Н. 1, Полудеткина Е.Н. 1, Валиева Э.И. 1, Чевелёв В.К. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
15.30-15.50	ГГЕОХИМИЧЕСКИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА ФЛЮИДОРАЗГРУЗКИ В СЕВЕРО_ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ ПО ДАННЫМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-19	Видищева О.Н. 1, Егошина Е.Д. 1, Валиева Э.Э.1, Чевелев В.К. 1, Полудеткина Е.Н. 1, Ахманов Г.Г. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
15.50-16.10	ДЕТАЛЬНОЕ КАРТИРОВАНИЕ СУБАКВАЛЬНЫХ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ	Токарев М.Ю. 1, 2, Бирюков Е.А. 2, Пирогова А.С. 1, Росляков А.Г. 1, Замотина З. 1 1 – МГУ им. М.В. Ломоносова, 2 – ООО «СПЛИТ»
16.10-16.50	Дискуссия	

Круглый стол
Морские инновационные технологии

модераторы:	Токарев М.Ю. (МГУ им. М.В. Ломоносова)	Плешков А.Ю. (ООО "Морские инновации")
09.00-09.20	Открытие конференции. Приветственное слово Программного комитета	
09.20-09.40	КОМПЛЕКСНОЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ 3D КАРТИРОВАНИЕ МОРСКОГО ДНА	Плешков А.Ю. 1 1 - ООО «ГидроМаринн»
09.40-10.00	ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЙ, НА ПРИМЕРЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ И СИСТЕМ ПОДВОДНОЙ СВЯЗИ	Абеленцев А. 1 1 - ООО «Лаборатория подводной связи»
10.00-10.20	АВТОНОМНОЕ СУДОВОЖДЕНИЕ НА СУДАХ КОММЕРЧЕСКОГО ФЛОТА	Пинский А. 1 1 – ОЦ Маринет
10.20-10.40	ШИРОКОПОЛОСНЫЕ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПОИСКА И МОНИТОРИНГА БИОРЕСУРСОВ НА МЕЛКОВОДЬЕ	Пивнев П. 1 1 – ОО «Морские Инновации»
10.40-11.00	МЕТОДИКА 2D/3D МУЛЬТИЧАСТОТНЫХ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ НА АКВАТОРИЯХ	Бирюков Е.А. 1 1 - ООО «СПЛИТ»
11.00-11.20	ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ 2D/3D МУЛЬТИЧАСТОТНЫХ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ С БУКСИРУЕМЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ	Токарев М.Ю. 1, 2 1 – ЦАСД МГУ, 2 – МГУ им. М.В.Ломоносова
11.20-11.40	ТЕХНОЛОГИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ С ДОННЫМИ СЕЙСМИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ	Половков В. 1 1 – ЦКМИ СпбГУ
11.40-12.00	ЦИФРОВЫЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СЕРВИСЫ ДЛЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ	Шабалин Н.В. 1 1 - ЦМИ МГУ

	ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА АКВАТОРИЯХ	
12.00-12.20	Дискуссия	
12.20-13.30	**Обеденный перерыв**	
Морская биология		
модераторы:	**Дгебуадзе П.Ю. (ИПЭЭ РАН)**	**Мельникова В.А. (ЦМИ МГУ)**
13.30-13.50	Дискуссия	
13.50-14.10	АНАТОМИЯ ЦЕЛОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ БРАХИОПОДЫ NOVOCRANIA ANOMALA	Пландин Ф.А. 1, Темерева Е.Н 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
14.10-14.30	ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КЛЕТОК В РЕГЕНЕРАЦИИ ИЗВЕСТКОВОЙ ГУБКИ LEUCOSOLENIA CF. VARIABILIS	Скоренцева К.В. 1, Лавров А.И. 2, Саидова А.А. 1 1 – МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 – ББС им. Н.А. Перцова
14.30-14.50	БИОРАЗНООБРАЗИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕЛАГИЧЕСКИХ АМФИПОД СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА	Осипова Д.Д. 1 1 – МГУ им. М.В.Ломоносова
14.50-15.10	ТОНКОЕ СТРОЕНИЕ ХОБОТА САМОК BONELLIA VIRIRDIS (ECHIURA)	Кузнецов П.А. 1, Темерева Е.Н. 1 1 – МГУ им. М. В. Ломоносова
15.10-15.30	ГИБРИДИЗАЦИЯ И ВИДОВОЙ СТАТУС ГИДРОИДНЫХ SARSIA В БЕЛОМ МОРЕ	Прудковский А.А. 1, Батрина Д.А. 1, Неретина Т.В. 1 1 – МГУ им. М.В. Ломоносова
15.30-15.50	Дискуссия	
15.50-16.10	АНАЛИЗ МИКРОБИОМОВ КОЛЬЧАТЫХ ЧЕРВЕЙ СЕМЕЙСТВ TRICHOBRANCHIDAE И ORBINIIDAE КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ	Щербакова П.А. 1, Гавирова Л.А. 1, Попова А.А. 2, Ельченинов А.Г. 2, Шестаков А.И. 1, Кубланов И.В. 2 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН
16.10-16.30	ОСОБЕННОСТИ ИНДУКЦИИ СТРОБИЛЯЦИИ AURELIA (SCYPHOZOA) В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Сухопутова А.В. 1,2, Краус Ю.А. 1,2 1 - МГУ им. М.В.Ломоносова; 2 - ИБР РАН
16.30-16.50	О ЩУПАЛЬЦАХ ВНУТРИПОРОШИЦЕВЫХ	Борисанова А.О. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
Гидрология		
модераторы:	**Субетто Д.А. (РГПУ имени А.И. Герцена, ИВПС КарНЦ РАН)**	**Демиденко Н.А. (ГОИН)**
09.00-09.20	Открытие конференции. Приветственное слово Программного комитета	
09.20-09.40	ИЗМЕНЕНИЕ ПАВОДОЧНОГО СТОКА РЕК БАССЕЙНА БАЙКАЛА В 1979–2018 ГГ.	Григорьев В.Ю. 1,2, Харламов М.А. 1,2, Семенова Н.К. 1, Сазонов А.А. 1,2, Чалов С.Р. 1 1 – МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 – ИВП РАН
09.40-10.00	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ АЛЬТИМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДАННЫХ ОБ УРОВНЕ ВОДЫ (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ КОЛЫМА)	Семенова Н.К. 1, Фролова Н.Л. 1, Захарова Е.А. 2 1 -МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ИВП РАН
10.00-10.20	ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ДАННЫХ РЕАНАЛИЗА ERA-5	Григорьев В.Ю. 1,2, Фролова Н.Л. 1, Киреева М.Б. 1, Степаненко В.М. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ИВП РАН
10.20-10.40	ВНУТРИГОДОВОЕ И МНОГОЛЕТНЕЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК РОССИЙСКОЙ	Василенко А.Н. 1, Магрицкий Д.В. 1, Фролова Н.Л. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова

	АРКТИКИ И ИХ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА	
10.40-11.00	ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА КАСПИЙСКОГО МОРЯ ДО КОНЦА 21 ВЕКА ПО КЛИМАТИЧЕСКИМ СЦЕНАРИЯМ	Наурозбаева Ж.К. 1, Лобанов В.А. 2 1 – РГГМУ; 2 – РГП «Казгидромет»
11.00-11.20	ВЛИЯНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХ НА ТОЛЩИНУ НАМЕРЗНАНИЯ ЛЬДА ВБЛИЗИ ЯКУТСКА	Фролов Д.М. 1 1 – МГУ им. М.В. Ломоносова
11.20-11.40	ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ЗИМНЕГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПРИЛИВНОГО УСТЬЯ Р. ВАРЗУГИ	Ахмерова Н.Д. 1, Крастынь Е.А. 1, Куликова Ж.М. 1, Мигунов Д.А. 1, Панченко Е.Д. 1, Горин С.Л. 2, Терский П.Н. 1 1 – МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 – ВНИРО
11.40-12.20	Дискуссия	
12.20-13.30	**Обеденный перерыв**	
13.30-13.50	ЗИМНИЕ СТУДЕНЧЕСКИЕ ЭКСПЕДИЦИИ ГИДРОЛОГОВ МГУ В УСТЬЯ РЕК БЕЛОГО МОРЯ В 2014-2020 ГГ.	Терский П.Н. 1 , Алабян А.М. 1 , Горин С.Л. 2 , Демиденко Н.А. 3 , Панченко Е.Д. 1 , Попрядухин А.А. 1 , Фролова Н.Л. 1 1 – МГУ имени М.В. Ломоносова; 2 – ВНИРО; 3 – ГОИН
13.50-14.10	МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УСТЬЯХ РЕК ОНЕГИ И СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СЦЕНАРИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ	Панченко Е.Д. 1, Алабян А.М. 1,2, Крыленко И.Н. 1,2, Лебедева С.В. 3, Голосной Д.А. 2 1 – МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 – ИВП РАН; 3 – ФГБУ «Северное УГМС»
14.10-14.30	СКОЛЬКО В РОССИИ МЕРОМИКТИЧЕСКИХ ОЗЕР?	Краснова Е.Д. 1 1 – МГУ им. М.В. Ломоносова
14.30-14.50	ИССЛЕДОВАНИЕ СРЕДООБРАЗУЮЩЕЙ РОЛИ МЕЛКОВОДНЫХ МЕТАНОВЫХ СИПОВ ЧЕРНОГО МОРЯ НА ПРИМЕРЕ ДВУХ РАЙОНОВ (БУХТЫ ЛАСПИ И ГОЛУБАЯ)	Иванова И.Н. 1, Будников А.А. 1, Малахова Т.В. 2, Мурашова А.И. 2 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ФИЦ ИнБЮМ
14.50-15.10	К ВОПРОСУ О ДИНАМИКЕ БЕРЕГОВ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	Санин А.Ю. 1 1 – ГОИН
15.10-16.30	Дискуссия	

Круглый стол
Арктические экспедиции: изучение морских млекопитающих России

модераторы:	Глазов Д. (РОО "Совет по морским млекопитающим"	Артемьева С. (РОО "Совет по морским млекопитающим")
09.00-09.20	Открытие конференции. Приветственное слово Программного комитета	
09.20-09.40	ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ НАРВАЛОВ В ВОДАХ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ	Глазов Д.М. 1,2 1 - Совет по морским млекопитающим; 2 - ИПЭЭ РАН
09.40-10.00	ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ОХОТОМОРСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ ГРЕНЛАНДСКОГО КИТА	Шпак О.В. 1,2 1 - Совет по морским млекопитающим; 2 - ИПЭЭ РАН
10.00-10.20	ИССЛЕДОВАНИЯ КИТООБРАЗНЫХ В ТИХООКЕАНСКОМ СЕКТОРЕ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ	Филатова О.А. 1,2 1 - Совет по морским млекопитающим; 2 - МГУ им. М.В. Ломоносова
10.20-10.40	СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ МОРЖА И БЕЛОГО МЕДВЕДЯ АКВАТОРИИ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ	Артемьева С.М. 1,2 1 - Совет по морским млекопитающим; 2 - ИПЭЭ РАН
10.40-12.20	Дискуссия	
12.20-13.30	**Обеденный перерыв**	

	Морская биология	
модераторы:	**Исаченко А.И. (ООО «Арктический научный центр»)**	**Гебрук А.А. (ЦМИ МГУ)**
09.00-09.20	ПЛАНКТОН И БЕНТОС АЗОВСКОГО МОРЯ. МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА.	Афанасьев Д.Ф. 1, Мирзоян З.А. 1, Сафронова Л.М. 1, Фроленко Л.Н. 1, Живоглядова Л.А. 1 1 - АзНИИРХ
09.20-09.40	НИЖНЯЯ ГРАНИЦА ДОННОЙ ФАУНЫ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЕРНОГО МОРЯ И ЕЕ ДИНАМИКА	Колючкина Г.А. 1, Семин В.Л. 1, Чикина М.В. 1, Басин А.Б. 1, Булышева Н.И. 2, Коваленко Е.П. 2, Бирюкова С.В. 3 1 - ИО РАН; 2 - ЮНЦ РАН; 3 - ММБИ РАН
09.40-10.00	МАКРОФИТЫ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ И ЕГО ЛАГУН	Герб М.А. 1, Володина А.А. 1 1 - ИО РАН
10.00-10.20	СВОБОДНОЖИВУЩИЕ И ПРИКРЕПЛЕННЫЕ ПРОКАРИОТЫ КАРСКОГО МОРЯ И МОРЯ ЛАПТЕВЫХ	Романова Н.Д. 1, Беззубова Е.М. 1 1 - ИО РАН
10.20-10.40	ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ФРОНТАЛЬНОГО БИОГЕОХИМИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА В МЕЛКОВОДНОЙ ПРИЛИВНОЙ ЛАГУНЕ СУХОЕ МОРЕ ДВИНСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ	Мосеев Д.С. 1, Лещев А.В. 1, Сергиенко Л.А. 2 1 - ИО РАН; 2 - ИБЭАТ ПетрГУ
10.40-11.00	СООБЩЕСТВА ЗООБЕНТОСА ЖЕЛОБА ФРАНЦ-ВИКТОРИЯ И ШЕЛЬФА АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА ПО МАТЕРИАЛАМ ДРЕЙФА НЭС "АКАДЕМИК ТРЁШНИКОВ" ВЕСНОЙ 2019 Г.	Зимина О.Л. 1, Сёмин В.Л. 2 1 - ММБИ РАН; 2 - Южное отделение ИО РАН
11.00-11.20	ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ПОСЕЛЕНИЙ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ MYA ARENARIA L. В БЕЛОМ МОРЕ: НОВЫЕ ДАННЫЕ И ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗ	Малова Д.С. 1, Герасимова А.В. 1, Максимович Н.В. 1, Филиппова Н.А. 1 1 - СПбГУ
11.20-11.40	БАЗА ДАННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В МОРЯХ РОССИИ: ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ, ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ	Михлина А.Л. 1,2, Семенова М.И. 1, Кокорин А.И. 1, Коновалова О.П. 1, Шурыгина А.А. 1, Шабалин Н.В. 1 1 - ЦМИ МГУ; 2 - ББС им. Н.А. Перцова
11.40-12.00	МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ СООБЩЕСТВ НЕМАТОД В СЕЗОННЫХ ЛЬДАХ БЕЛОГО МОРЯ	Тимченко А.И. 1, Портнова Д.А. 1 1 - ИО РАН
12.00-12.20	Дискуссия	
12.20-13.30	**Обеденный перерыв**	

	Морская биология	
модераторы:	**Гебрук А.А. (ЦМИ МГУ)**	
13.30-13.50	ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЗМЕЕХВОСТОК OPHIURA SARSII LÜTKEN, 1855 В ПРЕДЕЛАХ АРКТИЧЕСКОГО И ТИХООКЕАНСКОГО БАССЕЙНОВ	Стратаненко Е.А. 1, Назарова С.А. 1, Смирнов И.С. 1 1 - ЗИН РАН
13.50-14.10	СУБГАЛОКЛИННЫЕ ДОННЫЕ СООБЩЕСТВА В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКЕ	Ежова Е.Е. 1, Кочешкова О.В. 1, Багиров Н.Э.1 1 - ИО РАН
14.10-14.30	СЕЗОННАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ МАССОВЫХ ВИДОВ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ В ДИНАМИЧЕСКОЙ СРЕДЕ ЛИТОРАЛИ ГУБЫ КИСЛОЙ БЕЛОГО МОРЯ	Залота А.К. 1, Спиридонов В.А. 1 , Мокиевский В.О. 1 , Цетлин А.Б. 2 1 - ИО РАН; 2 - МГУ им. М.В. Ломоносова ; 3 - ИПЭЭ РАН
14.30-14.50	ОЦЕНКА КОМПОНЕНТОВ БЕНТИЧЕСКОЙ ПИЩЕВОЙ СЕТИ ГЛУБОКОГО ПРИБРЕЖНОГО	Спиридонов В.А. 1, Залота А.К. 1, Мокиевский В.О. 1, Дгебуадзе П.Ю. 2, Цетлин А.Б. 2

	ТРОГА БЕЛОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ И ТРАДИЦИОННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ТРОФИЧЕСКИХ ТИПАХ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ	1 - ИО РАН; 2 - МГУ им. М.В. Ломоносова
Круглый стол **Выделение и картографирование сообществ (бентоса)**		
модераторы:	**Мокиевский В.О. (ИО РАН)**	**Исаченко А.И. (ООО «Арктический научный центр»)**
15.00-17.00	**Вопросы к обсуждению:** - как правильно отражать разнообразие бентоса на картах; - какие объекты и на каких основаниях можно наносить на карту; - возможна ли унификация подходов к выделению объектов и общей классификации бентоса? **К участию в обсуждении приглашены:** Ежова Е.Е., Кочешкова О.В., ВолодинаА.А., Шартон А.Ю., Багиров Н.Э., Штейн Д.В., Колючкина Г.А., Удалов А.А., Захаров Д.В., Манушин И.Е., Жирков И.А., Оленин С.Н.	
Морская геология Арктического бассейна		
модераторы:	**Новигатский А.Н. (ИО РАН)**	**Рыбалко А.Е. (СПбГУ, ФГБУ "ВНИИОкеангеология", ЦМИ МГУ)**
09.00-09.20	ОБРАЗОВАНИЕ ОСТРОВОВ НА ШЕЛЬФЕ МОРЕЙ ЛАПТЕВЫХ И ВОСТОЧНО- СИБИРСКОГО	Пижанкова Е.И. 1, Гаврилов А.В. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
09.20—09.40	ПРИМЕНЕНИЕ ОСЛ ДАТИРОВАНИЯ В ИЗУЧЕНИИ БЕРЕГОВЫХ ПРОЦЕССОВ	Курбанов Р.Н. 1,2, Семиколенных Д.В. 1,2, Бутузова Е.А. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ИГ РАН
09.40-10.20	Дискуссия	
10.20-10.40	ОСОБЕННОСТИ ЛЕДНИКОВЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА В ВОСТОЧНО-БАРЕНЦЕВОМОСКОЙ ВПАДИНЕ И В ЖЕЛОБЕ СЕДОВА ПО ДАННЫМ РЕЙСА TTR-19	Василевская Я.А. 1, Соловьева М.А. 1, Ахманов Г.Г. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
10.40-11.00	РЕЛЬЕФ ДНА И ПОЗДНЕВАЛДАЙСКОЕ ОЛЕДЕНИЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ	Мороз Е.А. 1, Кохан А.В. 2, Зарайская Ю.А. 1, Сухих Е.А. 1, Разумовский А.А. 1, Ананьев Р.А. 3 1 - ГИН РАН; 2 - ООО «Сварог»; 3 - ИО РАН
11.00-11.20	Дискуссия	
11.20-11.40	МОРФОДИНАМИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ И РАЙОНИРОВАНИЕ БЕРЕГОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ	Ермолов А.А. 1, Кизяков А.И. 1, Илюшин Д.Г. 2 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ЦМИ МГУ
11.40-12.00	КОНФИГУРАЦИЯ ЛЕДОВОГО ПОКРОВА В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ	Монтелли А. 1, Соловьева М.А. 2, Ахманов Г.Г. 2 1 - Scott Polar Research Institute, University of Cambridge; 2 - МГУ им. М.В. Ломоносова
12.00-12.20	Дискуссия	
12.20-13.30	**Обеденный перерыв**	
13.30-13.50	ПРЯМЫЕ МЕТОДЫ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ В АРКТИКЕ	Полудеткина Е.Н. 1, Ахманов Г.Г. 1, Видищева О.Н. 1, Егошина Е.Д. 1, Валиева Э.Э. 1 1 – МГУ им. М.В. Ломоносова
13.50-14.10	ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ МИКРОЧАСТИЦ В ПОСТУПЛЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНОВ БЕЛОГО И КАРСКОГО МОРЕЙ	Шевченко В.П. 1, Боев А.Г. 1, Лохов А.С. 1, Стародымова Д.П. 1, Воробьев С.Н. 2, Крицков И.В. 2, Лим А.Г. 2, Новигатский А.Н. 1, Покровский О.С. 3,4

		1 - ИО РАН; 2 - НИ ТГУ; 3 - Geosciences and Environment Toulouse (Франция); 4- ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН
14.10-14.30	ПОСЛЕЛЕДНИКОВАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ БЕЛОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ МИКРОПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	Агафонова Е.А. 1,2, Полякова Е.И. 1, Новичкова Е.А. 2 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ИО РАН
14.30-14.50	ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БЕЛОГО МОРЯ: ТИПИЧНЫЙ ПРИМЕР ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРОВА ДОННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ВО ВНУТРЕННИХ БАССЕЙНАХ ГЛЯЦИАЛЬНОЙ ЗОНЫ	Рыбалко А.Е. 1,2,3, Никонов К.А. 4, Парамонова М.С. 5 1 - ЦМИ МГУ; 2 - Институт наук о Земле СПБГУ; 3 - ИВПС КарНЦ РАН; 4 - ФГБУ ВСЕГЕИ; 5 - МАГЭ
14.50-15.10	Дискуссия	
15.10-15.30	ГЕОХИМИЯ ПОРОВЫХ ВОД ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ШЕЛЬФА БАРЕНЦЕВА МОРЯ В РАЙОНЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ	Казак Е.С. 1, Ахманов Г.Г. 1, Барковский М.Д. 1, Шиндина Н.Е. 1, Даниленко А.С. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
15.30-15.50	ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРСКИХ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ ВБЛИЗИ СТОКА РЕКИ ИНДИГИРКИ	Винникова А.И. 1, Душенко Н.В. 1, Севастьянов В.С. 1, Кузнецова О.В. 1, Федулов В.С. 1, Федулова В.Ю. 1 1 - ГЕОХИ РАН
15.50-16.10	ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО ДАННЫМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-19)	Валиева Э.И. 1, Видищева О.Н. 1, Полудеткина Е.Н. 1, Егошина Е.Д. 1, Чевелев В.К. 1, Ахманов Г.Г. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
16.10-16.30	ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОСАДКОВ В КАНДАЛАКШСКОМ ЗАЛИВЕ БЕЛОГО МОРЯ	Гинзбург К.А. 1, Корост С.Р. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
16.30-16.50	Дискуссия	
Подводное культурное наследие		
модераторы:	**Фазлуллин С.М. (РГГУ)**	
09.00-09.20	КАСПИЙСКОЕ МОРЕ: ИСТОРИЯ ПОДВОДНО-АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ	Котеньков С.А.
09.20-09.40	UNDERWATER ARCHAEOLOGY OF CYPRUS ISLAND: HISTORY AND METHODOLOGY OF SURVEYS	Атеш М.А. 1 1 - РГГУ
09.40-10.00	ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ: ПРОБЛЕМЫ И НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ	Горлов И.О. 1, Статкус М.А. 2 1 - ЦМИ МГУ; 2 - МГУ им. М.В. Ломоносова
10.00-10.20	О НАХОДКЕ ДЕРЕВЯННОГО СУДНА В МЕЛКОВОДНОЙ ЗОНЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ	Манукян Ю.А. 1, Мажейка Йонас 2, Ежова Е.Е. 3,4 1 - Институт Балтийского моря; 2 - Центр исследования природы; 3 - СПбНЦРАН; 4 - Калининградское отделение РГО
10.20-10.40	НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДВОДНЫХ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПОРТОВОМ РАЙОНЕ ХЕРСОНЕСА ТАВРИЧЕСКОГО В 2020 г	Букатов А.А. 1, Варлагин В.В. 1, Ткаченко Ю.Г. 2, Хохлов С.А. 3 1 - ФГБУК «Государственный историко-археологический музей-заповедник «Херсонес Таврический»; 2 - Студия «Парус и море»; 3 - ООО "Лаборатория сетевых технологий"
10.40-11.00	ЭВОЛЮЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПОДВОДНОГО ПРОСТРАНСТВА	Боровиков П.А. 1 1 – Подводно-историческое общество

11.00-11.20	МОРСКАЯ АРХЕОЛОГИЯ В СЕВАСТОПОЛЬСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ	Вахонеев В.В. 1 1 - СевГУ
11.20-11.40	СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ПРОГРАММАХ ПОДГОТОВКИ В ОБЛАСТИ МОРСКОЙ И ПОДВОДНОЙ АРХЕОЛОГИИ В АНГЛОГОВОРЯЩИХ СТРАНАХ И РОССИИ	Николаев И.Р. 1, Горлов И.О. 2 1 - Культурно-исторический центр «Светоч»; 2 - ЦМИ МГУ
11.40-12.00	ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ СЕРИИ ДОКУМЕНТАЛЬНЫХ ФИЛЬМОВ О ПОДВОДНОЙ АРХЕОЛОГИИ	Ткаченко Ю.Г. 1, Хохлов С.А. 1, Горлов И.О. 1, Бардашов М.Н. 1, Садеков Р.Н. 1
12.00-12.20	МОРСКОЕ И ПОДВОДНОЕ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ РОССИИ В СРЕДИЗЕМНОМ МОРЕ	Мозговой С.А.
12.20-13.30	**Обеденный перерыв**	

28 октября 2020 ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

Морская геология		
модераторы:	**Новигатский А.Н. (ИО РАН)**	**Рыбалко А.Е. (СПбГУ, ФГБУ «ВНИИОкеангеология», ЦМИ МГУ)**
09.00-09.20	СТРОЕНИЕ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЮЖНОЙ ЧАСТИ СРЕДИННО-АТЛАНТИЧЕСКОГО ХРЕБТА (ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ)	Толстова А.И. 1, Дубинин Е.П. 2, Грохольский А.Л. 2 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - МГУ им. М.В. Ломоносова, Музей Землеведения
09.20-09.40	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КРАЕВЫХ ПЛАТО И МИКРОКОНТИНЕНТОВ В СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКЕ	Агранов Г.Д. 1,2, Дубинин Е.П. 1, Грохольский А.Л. 1, Макушкина А.И. 3 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова, Музей Землеведения, 2 - ГИН РАН, 3 - The Australian National University
09.40-10.00	ЭПОХИ ГЛОБАЛЬНЫХ ОЛЕДЕНЕНИЙ И ЭТАПЫ ГИДРОТЕРМЛАЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРЕДЕЛАХ СРЕДИННО-АТЛАНТИЧЕСКОГО ХРЕБТА	Мусатов А.Е. 1, Черкашёв Г.А. 1,2 1 - ФГБУ ВНИИОкеангеология; 2 - Институт Наук о Земле СПбГУ
10..00-10.20	МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТСТУПАНИЯ БЕРЕГА В РЕЗУЛЬТАТЕ СУБДУКЦИОННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО МОДЕЛИ БРУУНА-ЗЕНКОВИЧА	Хомчановский А.Л. 1 1 - Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
10.20-10.40	КАРТИРОВАНИЕ SDR (SEAWARD DIPPING REFLECTORS) В АКВАТОРИИ ПОДНЯТИЯ МЕНДЕЛЕЕВА	Родина Е.А. 1, Никишин А.М. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
10.40-11.00	МОРФОДИНАМИКА БЕРЕГА, СЛОЖЕННОГО ПИРОКЛАСТИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛОМ (НА ПРИМЕРЕ О. ИТУРУП КУРИЛЬСКОГО АРХИПЕЛАГА)	Дунаев Н.Н. 1, Леонтьев И.О. 1, Афанасьев В.В. 2, Репкина Т.Ю. 3 1 - ИО РАН; 2 - ИМГиГ ДВО РАН; 3 - МГУ им. М.В. Ломоносова
11.00-11.20	АБИССАЛЬНЫЕ ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫЕ КОНКРЕЦИИ: ЛОКАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СТРУКТУРУ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ	Лыгина Т.И. 1, Миноранский Д.Е. 1, Сапрыкин С.С. 1 1 - АО «Южморгеология»
11.20-11.40	ГГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ОБВАЛОВ НА КОНТИНЕНТАЛЬНОМ СКЛОНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ И ОЦЕНКА ИХ ОПАСНОСТИ	Миронюк С.Г. 1 1 - ЦАСД МГУ
11.40-12.00	ФЛЮИДОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И СОВРЕМЕННАЯ СЕЙСМИЧНОСТЬ КАСПИЙСКОГО МОРЯ	Путанс В.А. 1 1 - ИО РАН
12.00-12.20	ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОТБОРА ПРОБ (коммерческая презентация)	Ялда К.Д. 1 1 - ООО "НФТ "Вольта"
12.20-13.30	**Обеденный перерыв**	

13.30-13.50	ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В СНЕЖНО-ЛЕДЯНОМ ПОКРОВЕ, ПОЧВЕ И МХАХ В РАЙОНЕ АНТАРКТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ РФ	Немировская И.А. 1, Артемьев В.А. 1, Кравчишина М.Д.1, Титова А.М. 1 1 - ИО РАН
13.50-14.10	ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ АКТУАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ОКЕАНОЛОГИИ И МОРСКОЙ ГЕОЛОГИИ	Рейхард Л.Е. 1, Козина Н.В. 1, Дара О.М. 1, Боев А.Г. 1, Новичкова Е.А. 1, Шульга Н.А. 1, Рейхард А.Г. 2 1 - ИО РАН; 2 - ОК «Юго-Запад»
14.10-14.30	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ В МОРСКОЙ ВОДЕ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ НА ПРИМЕРЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ	Лохов А.С. 1, Кравчишина М.Д. 1, Клювиткин А.А. 1, Коченкова А.И. 1 1 - ИО РАН
14.30-14.50	ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ПОТОКИ ОСАДОЧНОГО ВЕЩЕСТВА В СЕВЕРНОМ ЛЕДОВИТОМ ОКЕАНЕ	Новигатский А.Н. 1, Шевченко В.П. 1, Клювиткин А.А. 1, Кравчишина М.Д. 1, Политова Н.В. 1 1 - ИО РАН
14.50-15.10	УГЛЕВОДОРОДЫ-БИОМАРКЕРЫ В МОРСКИХ ОСАДКАХ СИПОВОГО ПОЛЯ «ОДЕН» МОРЯ ЛАПТЕВЫХ	Винникова А.И. 1, Федулов В.С. 1, Севастьянов В.С. 1, Федулова В.Ю. 1, Душенко Н.В. 1 1 - ГЕОХИ
15.10-15.30	ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ВОДЕ И ВЗВЕСИ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ 4-Х ЛЕТНИХ НЕПРЕРЫВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	Гордеев В.В. 1, Стародымова Д.П. 1 1 - ИО РАН
15.30-15.50	ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ Sr И Nd МИНЕРАЛЬНЫХ ФАЗ ЖМО СМЕШАННОГО СОСТАВА	Михайлик П.Е. 1, Вишневская И.А. 2, Окунева Т.Г. 3, Солошенко Н.Г. 3, Рашидов В.А. 4 1 - ДВГИ ДВО РАН; 2 - ГЕОХИ РАН; 3 - ИГГ УрО РАН; 4 - Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
15.50-16.10	ОСОБЕННОСТИ АУТИГЕННОГО МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ В ГОЛОЦЕНОВЫХ ДОННЫХ ОСАДКАХ ГЛУБОКОВОДНЫХ ВПАДИН ЧЕРНОГО И КАСПИЙСКОГО МОРЕЙ В РАЙОНАХ СЕРОВОДОРОДНОГО ЗАРАЖЕНИЯ	Козина Н.В. 1, Рейхард Л.Е. 1, Дара О.М. 1, Стародымова Д.П. 1, Коченкова А.И. 1 1 - ИО РАН
16.10-16.30	ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ КАСПИЯ В ГОЛОЦЕНЕ	Янина Т.А. 1 1 - МГУ им. М.В.Ломоносова
16.30-16.50	ГЕОХИМИЧЕСКИЕ, МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ И РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ	Демина Л.Л. 1, Дара О.М. 1, Алиев Р.А. 2, Алексеева Т.Н. 1, Будько Д.Ф. 1, Новичкова Е.А. 1, Политова Н.В. 1, Соломатина А.С. 1 1 - ИО РАН; 2 - МГУ им. М.В. Ломоносова

Морская биология

модераторы:	Колючкина Г.А. (ИО РАН)	Залота А.К. (ИО РАН)
09.00-09.20	ЭКСПРЕСС-МЕТОД ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ВИДОВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ МОРСКИХ ОКУНЕЙ РОДА SEBASTES АТЛАНТИЧЕСКОГО И СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНОВ НА ОСНОВЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА	Артамонова В.С. 1, Рольский А.Ю. 2,3, Махров А.А. 1 1 - ИПЭЭ РАН; 2 - ПИНРО; 3 - МГТУ
09.20-09.40	СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕРА КИСЛО-СЛАДКОЕ, ЧАСТИЧНО ИЗОЛИРОВАННОГО ОТ БЕЛОГО МОРЯ, В НАЧАЛЬНОЙ ФАЗЕ ИЗОЛЯЦИОННОЙ СУКЦЕССИИ	Иванова Д.А. 1, Краснова Е.Д. 1, Воронов Д.А. 1,2, Радченко И.Г. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ИППИ РАН

09.40-10.00	Дискуссия	
10.00-10.20	ХАРАКТЕРИСТИКА ПИТАНИЯ ВЗРОСЛОЙ ТРЕХИГЛОЙ КОЛЮШКИ GASTEROSTEUS ACULEATUS (LINNAEUS, 1758) НА НЕСТИЛИЩАХ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ	Демчук А.С. 1,2, Иванов М.В. 1, Иванова Т.С. 1, Полякова Н.В. 1, Лайус Д.Л. 1 1 - СПбГУ; 2 - ЗИН РАН
10.20-10.40	СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ И ИНДЕКСА РАЗНООБРАЗИЯ ИХТИОПЛАНКТОНА ОТКРЫТОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ	Карасева Е.М. 1, Ежова Е.Е. 2 1 - АтлантНИРО; 2 - ИО РАН
10.40-11.00	ПИЩЕВЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ТРЁХИГЛОЙ КОЛЮШКИ (GASTEROSTEUS ACULEATUS L.) С ДРУГИМИ ВИДАМИ РЫБ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ	Смирнова К.А. 1, Демчук А.С. 1, Иванов М.В. 1, Иванова Т.С. 1, Лайус Д.Л. 1 1 - СПбГУ
11.00-11.20	ВИДЫ-ВСЕЛЕНЦЫ В ЛЕТНЕМ ЗООПЛАНКТОНЕ РАЗНЫХ РАЙОНОВ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ	Полунина Ю.Ю. 1, Уткина Я.В. 1 1 - ИО РАН
11.20-11.40	ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ЦЕЛЬЮ ОБНАРУЖЕНИЯ МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ	Удовик Д.А. 1, Шабалин Н.В. 1, Турчин Р.В. 2, Доценко Б.А. 2 1 - ЦМИ МГУ; 2 - ООО «Газпромнефть-Сахалин»
11.40-12.00	МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ КИСЛОЙ ГУБЫ БАРЕНЦЕВА МОРЯ И ИХ ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ НА БИОКОРРОЗИЮ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	Брюханов А.Л. 1, Власов Д.Ю. 2, Няникова Г.Г. 3, Лаптев А.Б. 4, Царовцева И.М. 5 1 – МГУ им. Ломоносова; 2 СПбГУ; 3 – СПбГТИ; 4 – ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ; 5 – АО «ВНИИГ имени Б.Е. Веденеева»
12.00-12.20	Дискуссия	
12.20-13.30	**Обеденный перерыв**	

Морская биология

модераторы:	**Мельникова В.А. (ЦМИ МГУ)**	
13.30-13.50	МИКРОБИОМ КИШЕЧНИКА РЫБ БЕЛОГО МОРЯ, ВЫЯВЛЕННЫЙ МЕТОДОМ МЕТАБАРКОДИНГА ПО 16S рРНК	Бурцева О.И. 1, Кублановская А.А. 1, Федоренко Т.А. 1, Лобакова Е.С. 1, Чеканов К.А. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
13.50-14.10	МИКРОБНОЕ СООБЩЕСТВО ЦИКЛА МЕТАНА ВОДНОЙ ТОЛЩИ МЕРОМИКТИЧЕСКОГО ОЗЕРА БОЛЬШИЕ ХРУСЛОМЕНЫ	Саввичев А.С. 1, Кадников В.В. 1, Русанов И.И. 1 1 - ФИЦ Биотехнологии РАН
14.10-14.30	ФЕРМЕНТАТИВНЫЕ СВОЙСТВА МИКРООРГАНИЗМОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ, ДО И ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ	Гладкова К.О. 1, Ким А.В. 1,2, Богатыренко Е.А. 1 1 - ДВФУ; 2 - ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН
14.30-14.50	РАЗЛОЖЕНИЕ КЛАДОФОРЫ: НАТУРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В СОЛЕНОМ ОЗЕРЕ – ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ	Басова М.М. 1, Празукин А.В. 1, Фирсов Ю.К. 1 1 - ФИЦ ИнБЮМ
14.50-15.10	ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ И БИОМАССЫ СТУДЕНИСТОГО МАКРОЗООПЛАНКТОНА НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ ШЕЛЬФЕ ЧЕРНОГО МОРЯ	Луппова Н.Е. 1 1 - ЮО ИО РАН
15.10-15.30	ЧТО МЫ ЗНАЕМ О САМЦАХ БЕЛОМОРСКОГО КАЛЯНУСА? ЛЮБОПЫТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ САМЦОВ АРКТИЧЕКИХ КОПЕПОД	Кособокова К.Н. 1 1 – ИО РАН

15.30-15.50	ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КРАБОИДОВ СЕМЕЙСТВА LITHODIDAE В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА	Аносов С.Е. 1 1 – ООО Каскад-Приморье
15.50-16.50	Дискуссия	
Океанология		
модераторы:	**Демидов А.Н. (МГУ им. М.В. Ломоносова)**	**Крашенинникова С.Б. (ФИЦ ИнБЮМ)**
09.00-09.20	Дискуссия	
09.20-09.40	ОСОБЕННОСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЧЕРНОГО МОРЯ В 2019 Г.	Жукова С.В. 1, Лутынская Л.А. 1, Шишкин В.М. 1, Карманов В.Г. 1, Подмарева Т.И. 1, Бурлачко Д.С. 1, Безрукавая Е.А. 1, Фоменко И.Ф. 1 1 - АзНИИРХ
09.40-10.00	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ С ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ В РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА	Боровская Р.В. 1, Кривогуз Д.О. 1, Кочергин А.Т. 1 1 - АзНИИРХ
10.00-10.20	МЕТОД ПРОФИЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОХАЛИННЫХ КОЛЕБАНИЙ В СТРАТИФИЦИРОВАННОЙ МОРСКОЙ СРЕДЕ	Краснодубец Л.А. 1,2 1 - СГУ; 2 - ИПТС
10.20-10.40	КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИНДЕКСЫ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА И ИХ ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЫБОПРОМЫСЛОВОГО БАССЕЙНА РОССИИ	Хен Г.В. 1, Устинова Е.И. 1, Сорокин Ю.Д. 1 1 - ТИНРО
10.40-11.00	РОЛЬ ОКЕАНИЧЕСКИХ ДОЛГОПЕРИОДНЫХ ВОЛН В ФОРМИРОВАНИИ ТЕПЛОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОКЕАНА И АТМОСФЕРЫ, ПОГОДЫ И КЛИМАТА ЗЕМЛИ	Бондаренко А.Л. 1, Архипкин В.С. 2, Мысленков С.А. 2 1 - ИВП РАН; 2 - МГУ им М.В. Ломоносова
11.00-11.20	ВЗАИМОСВЯЗИ ВАРИАЦИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В ГЛУБИНАХ ОКЕАНОВ С ГЛОБАЛЬНОЙ АТМОСФЕРНОЙ ОСЦИЛЛЯЦИЕЙ	Серых И.В. 1, Сонечкин Д.М. 1 1 - ИО РАН
11.20-11.40	СЕЗОННЫЕ И МЕЖДЕКАДНЫЕ ВАРИАЦИИ ДИСПЕРСИИ СИНОПТИЧЕСКИХ И МЕЗОМАСШТАБНЫХ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ	Медведев И.П. 1, Медведева А.Ю. 1 1 - ИО РАН
11.40-12.00	ДИНАМИКА ТЕЧЕНИЙ В СУБПОЛЯРНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА ПО ДАННЫМ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С МОДЕЛЬЮ NEMO/ SI3 И УСВОЕНИЕМ ДАННЫХ	Струков Б.С. 1, Реснянский Ю.Д. 1, Зеленько А.А. 1, Степанов В.Н. 1 1 - ФГБУ "ГИДРОМЕТЦЕНТР РОССИИ"
12.00-12.20	ПРАКТИЧЕСКИ ВАЖНЫЕ ЭФФЕКТЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ШТОРМОВЫХ ВОЛН В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ МОРЯ	Кузнецов С.Ю. 1, Сапрыкина Я.В. 1 1 - ИО РАН
12.20-13.30	**Обеденный перерыв**	
13.30-13.50	ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПЕРЕНОСА ДОННЫХ ВОД В РАЗЛОМЕ ВИМА	Гиппиус Ф.Н. 1, Демидов А.Н. 1, Иванов А.А. 1 1 - МГУ им. М.В.Ломоносова
13.50-14.10	ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК АНТАРКТИЧЕСКОЙ ДОННОЙ ВОДНОЙ МАССЫ В СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКЕ	Крашенинникова С.Б. 1, Демидов А.Н. 2, Иванов А.А. 2 1 - ФИЦ ИнБЮМ; 2 - МГУ им. М.В.Ломоносова
14.10-14.30	ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В ТИХООКЕАНСКОМ СЕКТОРЕ АНТАРКТИКИ В 65-Й	Антипов Н.Н. 1, Кашин С.В. 1, Молчанов М.С. 1 1 - ААНИИ

	СЕЗОННОЙ РОССИЙСКОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ	
14.30-14.50	ВНУТРИГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕРМОХАЛИННОЙ СТРУКТУРЫ ВОД ЗАЛИВА ПРЮДС, ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИКА	Чистяков И.А. 1 1 - ААНИИ
14.50-15.10	ПОВТОРЯЕМОСТЬ ШТОРМОВОГО ВОЛНЕНИЯ В КАРСКОМ МОРЕ ПО ДАННЫМ МОДЕЛИРОВАНИЯ	Мысленков С.А. 1,2, Платонов В.С. 1, Сильвестрова К.П. 2 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ИО РАН
15.10-15.30	ВЕТРОВОЕ ВОЛНЕНИЕ В СЕВЕРНОМ ЛЕДОВИТОМ ОКЕАНЕ (ОБЗОР)	Нестеров Е.С. 1 1 - Гидрометцентр России
15.30-15.50	ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАРБОНАТНОЙ СИСТЕМЫ В РАЙОНАХ ЖЕЛОБА СВЯТОЙ АННЫ И НОВОЙ ЗЕМЛИ	Полухин А.А. 1, Чульцова А.Л. 1, Кременецкий В.В. 1, Муравья В.О. 1

29 октября 2020 ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

Рациональное природопользование		
модераторы:	**Спиридонов В.А. (ИО РАН)**	**Загретдинова Д.Р. (ЦМИ МГУ)**
09.40-10.00	ВКЛАД СУБМАРИННОЙ РАЗГРУЗКИ В ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКИ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И НУТРИЕНТАМИ	Михневич Г.С. 1, Кречик В.А. 2, Крек А.В. 2, Данченков А.Р. 2 1 - БФУ им. И. Канта; 2 - АО ИО РАН
10.00-10.20	СОВРЕМЕННЫЙ БИОТРАНСПОРТ СТОЙКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ТИХООКЕАНСКИМИ ЛОСОСЯМИ	Цыганков В.Ю. 1,2, Донец М.М. 1, Гумовский А.Н. 1, Гумовская Ю.П. 1, Боярова М.Д. 1, Христофорова Н.К. 2 1 - Школа биомедицины ДВФУ; 2 - Школа естественных наук ДВФУ
10.20-10.40	РОЛЬ ФУКУСОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В БИОРЕМЕДИАЦИИ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ПРИМЕРЕ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА БАРЕНЦЕВА МОРЯ	Воскобойников Г.М. 1, Малавенда С.В. 1, Метелькова Л.О. 2 1 - ММБИ РАН; 2 - СПБ ФИЦ РАН
10.40-11.00	О ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ВОДОРОСЛЕЙ FUCUS VESICULOSUS БАРЕНЦЕВА МОРЯ К СОРБЦИИ И ДЕСТРУКЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА	Пуговкин Д.В. 1, Воскобойников Г.М. 1, Метелькова Л.О. 2 1 - ММБИ РАН; 2 - СПБ ФИЦ РАН
11.00-11.20	СООБЩЕСТВА МАКРОФИТОВ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА: НЕКОТОРЫЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ	Жигульский В.А. 1, Шуйский В.Ф. 1, Чебыкина Е.Ю. 1, Паничев В.В. 1, Булышева М.М. 1 1 - ООО «Эко-Экспресс-Сервис»
11.20-12.20	Дискуссия	
12.20-13.30	**Обеденный перерыв**	
13.30-13.50	АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОПЛАСТИКА В ВОДНОЙ СИСТЕМЕ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА И ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА	Мартынова А.Э. 1, Шалунова Е.П. 1, Иванова Е.В. 2, Тихонова Д.А. 2 1 - СПбГУ; 2 - ИНОЗ РАН
13.50-14.10	ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОПЛАСТИКА В ПРИБРЕЖНО-МОРСКОЙ ЗОНЕ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА И СЕВЕРНОЙ ПАЦИФИКИ	Педченко А.П. 1, Блиновская Я.Ю 2, Кантаков Г.А. 3, Гаврило М.В. 4 1 - ВНИРО; 2 - ДВФУ; 3 - НПО «ДЭКО»; 4 - Ассоциация «Морское наследие: исследуем и сохраним»

14.10-14.30	КОММЕРЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРЕНЛАНДСКОГО ТЮЛЕНЯ	Филиппова А.В. (фрилансер)
14.30-14.50	ОЦЕНКА ФАКТОРОВ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА «ПРИГОРОДНОЕ»	Харыбина А.С. 1, Казаков А.Д. 1, Юмашева А.К. 1 1 - РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
14.50-15.00	Дискуссия	
Круглый стол Морские и приморские особо охраняемые природные территории: значение для исследований динамики морских экосистем, платформа для научного сотрудничества, проблемы управления и создания		
модераторы:	**Спиридонов В.А. (ИО РАН)**	
15.15-17.15	ПЕРВЫЙ ОПЫТ ВЫДЕЛЕНИЯ СЕТИ ПРИОРИТЕТНЫХ РАЙОНОВ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЯХ РОССИИ	Соловьёв Б.А. 1 1 - WWF России
	ЗНАЧИМОСТЬ ИХТИОФАУНЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОРСКИХ ООПТ В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ	Чернова Н.В. 1 1 - ЗИН РАН
	ПРАКТИКА СОЗДАНИЯ МОРСКИХ ООПТ В РОССИИ - ОТ ВЫЯВЛЕНИЙ ПРИОРИТЕТНЫХ РАЙОНОВ ДО ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ	Соловьёв Б.А. 1 1 - WWF России
	СОЗДАНИЕ НОВОГО ТИПА ПРИБРЕЖНЫХ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ (ООПТ) – ГЕОПАРКА ТЕРРАСОВОГО ТИПА В ЮГО-ВОСТОЧНОМ КРЫМУ	Чепалыга А.Л. 1, Адаева Д.О. 1 1 - ИГ РАН
	О ПРОБЛЕМЕ СОЗДАНИЯ В АНТАРКТИКЕ МОРСКИХ ОХРАНЯЕМЫХ РАЙОНОВ (МОР) ПОД УПРАВЛЕНИЕМ АНТКОМ	Кухарев Н.Н. 1 1 - АзНИИРХ
Семинар Геология крупных озер		
модераторы:	**Суббето Д.А. (РГПУ имени А.И. Герцена, ИВПС КарНЦ РАН)**	**Рыбалко А.Е. (СПбГУ, ФГБУ "ВНИИОкеангеология", ЦМИ МГУ)**
09.00-09.20	ГРЯЗЕВОЙ ВУЛКАНИЗМ МОЛОДЫХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ	Кудаева А.А.1, Ахманов Г.Г. 1, Хлыстов О.М. 2 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ЛИН СО РАН
09.20-09.40	СКЛОНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И ОТЛОЖЕНИЯ РАЙОНА АВАНДЕЛЬТЫ Р. СЕЛЕНГА (ОЗ. БАЙКАЛ)	Соловьева М.А. 1, Ахманов Г.Г. 1, Кудаев А.А. 1, Буланова И.А. 1, Хлыстов О.М. 2 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ЛИН СО РАН
09.40-10.00	Дискуссия	
10.00-10.20	РОЛЬ ГЛЯЦИАЛЬНЫХ И СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ФОРМИРОВАНИИ ОБЛИКА РЕЛЬЕФА ДНА КРУПНЕЙШИХ ОЗЕР СЕВЕРО-ЗАПАДА И ВНУТРЕННИХ МОРЕЙ ВОСТОЧНОЙ ПЕРИФЕРИИ БАЛТИЙСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ЩИТА	Рыбалко А.Е. 1,2,3, Субетто Д.А. 3,4, Аксенов А.О. 2, Беляев П.Ю. 5, Токарев М.Ю. 6, Старовойтов А.В. 6 1 - ЦМИ МГУ; 2 - Институт наук о Земле СПБГУ; 3 - ИВПС КарНЦ РАН; 4 - РГПУ им. А.И. Герцена; 5 - ФГБУ ВСЕГЕИ; 6 - МГУ им М.В. Ломоносова
10.20-10.40	РАЗРЕЗ ВЕРХНЕОПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА	Беляев П.Ю. 1,2, Рыбалко А.Е. 1,2, Зобков М.Б. 2 1 - ФГБУ «ВНИИОкеангеология» им. И.С. Грамберга; 2 - ИВПС КарНЦ РАН

10.40-11.00	КАРТА ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА: РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНЫХ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ В 2016-2019 Г.Г	Рыбалко А.Е. 1,2,3, Токарев М.Ю. 4, Субетто Д.А. 3,4, Беляев П.Ю. 3,5,6, Белкина Н.А. 3, Страховенко В.Д. 7, Полудеткина Е.Н. 4, Корост С.Р.1, Алешин М.Ю. 4, Миринец А.К. 4, Кузнецов В.Ю. 2., Савельева Л.А. 2. 1 - ЦМИ МГУ; 2 - Институт наук о Земле СПБГУ, 3 - ИВПС КарНЦ РАН, 4 - МГУ им М.В. Ломоносова, 5 - РГПУ им. А.И. Герцена, 6 - ФГБУ ВСЕГЕИ, 7 - ИГМ СО РАН
11.00-11.20	ОТ ПРОЛИВА ДО МЕРОМИКТИЧЕСКОГО ОЗЕРА: ОЗЕРО КИСЛО-СЛАДКОЕ (ГУБА РУГОЗЕРСКАЯ, БЕЛОЕ МОРЕ) КАК МОДЕЛЬ ЭВОЛЮЦИИ РЕЛЬЕФА И ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ ВОДОЕМОВ ФИАРДОВО-ШХЕРНЫХ ПОБЕРЕЖИЙ	Репкина Т.Ю. 1, Краснова Е.Д. 1, Шилова О.С. 1, Энтин А.Л. 1, Григорьев В.А. 2, Вахрамеева Е.А. 3, Лосюк Г.Н. 3, Воронов Д.А. 4,5, Ефимова Л.Е. 1, Корзинин Д.В. 6, Кублицкий Ю.А. 7, Леонтьев П.А. 7, Луговой Н.Н. 1, Мардашова М.В. 8, Фролова Н.Л. 1 1 - МГУ им. М.В.Ломоносова; 2 - СПбГУ; 3 - ФИЦКИА РАН; 4 - ИППИ РАН; 5 - НИИ ФХБ им. А.Н. Белозерского МГУ; 6 - ИО РАН; 7 - РГПУ им. А.И. Герцена; 8 - ЦМИ МГУ
11.20-11.40	РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПРИДОННЫХ ОСАДКОВ ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА	Алешин М.И. 1 1 – ООО «СПЛИТ»
11.40-12.20	Дискуссия	
12.20-13.30	**Обеденный перерыв**	

Гидрографические и геофизические исследования на акваториях Баренцева, Карского и Белого морей

модераторы:	**Токарев М.Ю. (МГУ им. М.В. Ломоносова)**	
13.30-13.50	СВЯЗЬ ВЕЛИЧИН РАДИОГЕННОЙ ТЕПЛОГЕНЕРАЦИИ В ВЕРХНЕМ СЛОЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ С ПРОЯВЛЕНИЯМИ ДЕГАЗАЦИИ В ВОДНОЙ ТОЛЩЕ И ОСАДОЧНОМ ЧЕХЛЕ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВО-КАРСКОГО РЕГИОНА	Сухих Е.А. 1, Мороз Е.А. 1, Абрамова А.С. 1 1 - ГИН РАН
13.50-14.10	ПРЕИМУЩЕСТВА МОРСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ МАГНИТОРАЗВЕДКИ В АРКТИКЕ	Лыгин И.В. 1 1 – МГУ им. М.В. Ломоносова
14.10-14.30	РЕЗУЛЬТАТЫ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДОННЫХ ОСАДКОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ TTR-19)	Буланова И.А. 1, Соловьева М.А. 1, Ахманов Г.Г. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
14.30-14.50	ИНВЕРСИЯ ДАННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ ВЫСОКОГО И СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИДОННЫХ ГРУНТОВ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОВОДНОГО ШЕЛЬФА КАРСКОГО МОРЯ	Пирогова А.С. 1, Сучкова А.В. 1, Шилова М.А. 1, Токарев М.Ю. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
14.50-15.10	СЕЙСМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ С ДОННЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНЖЕНЕРНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ НА ПРЕДЕЛЬНОМ МЕЛКОВОДЬЕ	Потемка А.К. 1, Белов М.В. 1, Половков В.В. 2,3 1 - ООО «СПЛИТ»; 2 - СПбГУ; 3 - ООО «ЦКМИ» СПбГУ
15.10-15.30	КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ НАЛЕДНЫХ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ И МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИХ	Широкова Т.П. 1, Лыгин И.В. 1, Токарев М.Ю. 1, Золотая Л.А. 1, Соколова Т.Б. 1, Кузнецов К.М. 1, Фадеев А.А. 1, Арутюнян Д.А. 1, Любицкая А.В. 1, Шклярук А.Д. 1

	НАБЛЮДЕНИЙ И МОРСКОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В КАНДАЛАКШСКОМ ЗАЛИВЕ БЕЛОГО МОРЯ	1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
15.30-15.50	РЕЗУЛЬТАТЫ ТРЕХМЕРНЫХ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В КАНДАЛАКШСКОМ ЗАЛИВЕ БЕЛОГО МОРЯ	Хачатрян А.М. 1, Бирюков Е.А. 1, Иванова В.В. 1, Токарев М.Ю. 2 1 - ООО «Сплит»; 2 - МГУ им. М.В. Ломоносова
15.50-16.10	КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ С ДОННЫМ И БУКСИРУЕМЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ В ГУБЕ РУГОЗЕРСКОЙ КАНДАЛАКШКСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ	Белов М.В. 1, Субботин Д.Д. 2 1 - ООО «СПЛИТ»; 2 - МГУ им. М.В. Ломоносова
16.10-16.30	ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В ПРОЛИВЕ ВЕЛИКАЯ САЛМА	Терехина Я.Е. 1, 2, Токарев М.Ю. 1, Галаев В. 2 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова, 2 - ООО "Моринтех"
16.30-16.50	ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СЕЙСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ НА МЕЛКОВОДОМ ШЕЛЬФЕ	Токарев М.Ю. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
Геофизика		
модераторы:	**Лыгин И.В. (МГУ им. М.В. Ломоносова)**	
09.00-09.20	ОПЕРАТИВНАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЛОКАЛЬНОГО УЧАСТКА РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРЕДЛОЖЕННОЙ СКВАЖИНЫ SK-6 В ЧЕРНОМ МОРЕ (ТУРЦИЯ)	Якимчук Н.А. 1, Корчагин И.Н. 2 1 - ООО «Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии»; 2 - Институт геофизики им. С.И. Субботина НАНУ
09.20-09.40	ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ПОЛУУЧЕНИЯ ПРИТОКОВ ГАЗА В ПРЕДЕЛАХ СТУРКТУРНОГО ПОДНЯТИЯ PENSACOLA В СЕВЕРНОМ МОРЕ (БЛОК P2252)	Якимчук Н.А. 1, Корчагин И.Н. 2 1 - ООО «Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии»; 2 - Институт геофизики им. С.И. Субботина НАНУ
09.40-10.00	Дискуссия	
10.00-10.20	НОВЫЕ ДАННЫЕ О СТРОЕНИИ ПОДВОДНЫХ ВУЛКАНОВ ЦЕНТРАЛЬНЫХ И ЮЖНЫХ КУРИЛ	Блох Ю.И. 1, Бондаренко В.И. 2, Долгаль А.С. 3, Новикова П.Н. 3, Петрова В.В. 4, Пилипенко О.В. 5, Рашидов В.А. 6, 7, Трусов А.А. 8 1 - Москва; 2 - Костромской ГУ; 3 - ГИ УрО РАН; 4 - ГИН РАН; 5 - ИФЗ РАН; 6 - Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН; 7 - ДВГИ ДВО РАН; 8 - АО «ГНПП Аэрогеофизика»
10.20-10.40	О ВОЗМОЖНОМ ВЛИЯНИИ «ГАЗОФЛЮИДНЫХ ТРУБ» НА КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ ВОД КАСПИЯ	Путанс В.А. 1, Тримонова М.А. 2, Мерклин Л.Р. 1 1 - ИО РАН; 2 - ИДГ РАН
10.40-11.00	Дискуссия	
11.00-11.20	СОВМЕСТНЫЙ АНАЛИЗ ГРАВИТАЦИОННОГО И МАГНИТНОГО ПОЛЕЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СТРОЕНИЯ ТЕКТОНОСФЕРЫ ЮГО-ВОСТОЧНОГО СЕКТОРА ЮЖНОЙ АТЛАНТИКИ	Рыжова Д.А. 1, Булычев А.А. 1, Дубинин Е.П. 2 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - МГУ им. М.В. Ломоносова, Музей землеведения
11.20-11.40	ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ В КРУГОСВЕТНОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ ВМФ НА ОИС «АДМИРАЛ ВЛАДИМИРСКИЙ»	Арутюнян Д.А. 1,2, Лыгин И.В. 1, Кузнецов К.М. 1, Булычев А.А. 1, Грушников И.Ю. 1, Шклярук А.Д. 1, Вишняков Д.Д. 1, Минлигареев В.Т. 2, Паньшин Е.А. 2 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ИПГ
11.40-12.00	ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛНОВОДА ПЕКЕРИСА В КАЧЕСТВЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ	Колигаев С.О. 1,2, Колигаев О.А. 3 1 - Государственный Университет «Дубна»; 2 - ООО «Лаборатория прикладных информационных технологий «Инфрад»; 3 - Федеральный центр науки и высоких технологий «СНПО «Элерон»

12.00-12.20	Дискуссия	
12.20-13.30	**Обеденный перерыв**	
Геофизика		
модераторы:	**Тихоцкий С.А. (ИФЗ РАН)**	
13.30-.13-50	РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КАТАМАРАН ДЛЯ ЦИФРОВОГО МОНИТОРИНГА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	Ченский Д.А. 1, Григорьев К.А. 1, Золотарев Н.С. 1, Ченский А.Г. 1 1 - ИРНИТУ
13.50-14.10	ПЛОТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ БАРЕНЦЕВА МОРЯ	Арутюнян Д.А. 1, Лыгин И.В. 1, Соколова Т.Б. 1, Кузнецов К.М. 1, Широкова Т.П. 1, Шклярук А.Д. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
14.10-14.30	АНАЛИТИЧЕСКАЯ S - АППРОКСИМАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ И РЕЛЬЕФА ДНА МИРОВОГО ОКЕАНА МОДИФИЦИРОВАННЫМ МЕТОДОМ БЛОЧНОГО КОНТРАСТИРОВАНИЯ	Сальников А.М. 1,2, Михайлов П.С. 2,3, Степанова И.Э. 2,3, Батов А.В. 1,2,3 1 ИПУ РАН; 2 - ИФЗ РАН; 3 - НТУ «Сириус»
14.30-14.50	СРАВНЕНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ НА ПРИМЕРЕ АКВАТОРИИ ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА	Грасс С.И. 1 , Михайлов П.С. 2,3 , Харитонов С.А. 1 , Погорелов В.В. 2,3 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова ; 2 - ИФЗ РАН; 3 - НТУ «Сириус»
14.50-15.10	РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МОРСКИХ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АРКТИКЕ	Конешов В.Н. 1, Железняк Л.К. 1, Михайлов П.С. 1,2, Погорелов В.В. 1,2, Соловьев В.Н. 1, Афанасьева Л.В. 1 1 - ИФЗ РАН; 2 НТУ «Сириус»
Секция научно-образовательных и научно-популярных фильмов		
модераторы:	**Новигатский А.Н. (ИО РАН)**	
15.30-15.50	ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ СЕРИИ ДОКУМЕНТАЛЬНЫХ ФИЛЬМОВ О ПОДВОДНОЙ АРХЕОЛОГИИ	Ткаченко Ю.Г., Хохлов С.А., Горлов И.О., Бардашов М.Н., Садеков Р.Н. (Студия "Парус и море")
15.50-16.10	ПОСТАНОВКА СЛ 7 РЕЙС АМК	Тамбиев С.Б. (ФГБУ ГОИН)
16.10-16.30	МОРСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ НА НИС «ВИКТОР БУЙНИЦКИЙ» В КАРСКОМ МОРЕ И МОРЕ ЛАПТЕВЫХ. СЕНТЯБРЬ-ОКТЯБРЬ 2015 г.	Тамбиев С.Б. (ФГБУ ГОИН)
16.30-16.50	ФЛОТИЛИЯ ПЛАВУЧИХ УНИВЕРСИТЕТОВ. НАУЧНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ В ПОВОЛЖЬЕ И ПРИКАСПИИ	Захаров Е.Е., Иванов А.В., Яшков И.А. (Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина)
16.50-17.10	ДЕЛЬФИНЫ ЧЕРНОГО МОРЯ	Марин В., Семенова В., Краснова В., Болтунов А. (ИО РАН)
17.10-17.30	ЭКСПЕДИЦИЯ TTR-19	Кириллина И.А. (МГУ им. М.В. Ломоносова)

International sessions

Special session on the UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development

10:00-12:20 Moscow time (GMT +3)

10.00-10.05	Welcome Statements and Opening Remarks.
10.05-10.15	Dr Grigorii G. Akhmanov (UNESCO-MSU Centre for Marine Geosciences Faculty of Geology Lomonosov Moscow State University). Welcome address of the session, links between IOC-UNESCO, LMSU, and MARESEDU conference.
10.15-10.35	Dr Vladimir Ryabinin (Executive Secretary Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO). Introduction to UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development and its key societal outcomes, challenges, approaches, and expected timeline.
10.35-10.50	Dr Sandy Starkweather (Sustaining Arctic Observing Networks). Introduction to Sustaining Arctic Observing Networks and its links to UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development.
10.50-11.05	Christian Riisager-Simonsen (Danish Centre for Marine Research). The Arctic Task Force - highlights from the ongoing Regional Arctic Ocean Decade Action Plan development process coordinated by the Danish Centre for Marine Research.
11.05-11.15	Evgeniia Kostianaia (Center for Coordination of Ocean Research, P.P. Shirshov Institute of Oceanology). The role of early career ocean professionals in preparing the UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development.
11.15-11.20	Introduction to break-out groups, explanation of the activity in the groups.
11.20-12.00	Discussions in break-out groups.
12.00-12.20	Short summary from group discussions (2 min per group), closing remarks.

Panel session on the World Association of Marine Stations and World Congress of Marine Stations

12:30 – 14:00 – Moscow time (09:30 – 11:00 London time / 18:30 - 20:00 Tokyo time).

12.30-12.35	Welcome and Zoom tech details.
12.35-12.55	Dr Matthew Frost (European Network of Marine Stations/Marine Biological Association) The World Association of Marine Stations and the UN Decade of Ocean science for Sustainable Development.
12.55-13.15	Dr Kazuo Inaba (Japanese Association for Marine Biology) Marine stations working together: Regional alliances and the World Atlas of Marine Stations.
13.15-13.35	Dr Alexander Tzetlin (Pertsov White Sea Biological Station of Lomonosov Moscow State University) The Nicolai Pertsov White Sea Biological Station: past, present and future.
13.35-14.00	Panel discussion and flash presentations.

UK-Russia joint session on marine expeditions in the Arctic: Understanding Marine Biology and Biogeochemistry of the Changing Arctic Ocean: UK's CAO and Russian Arctic marine research programmes

14:30 – 16:30 Moscow time (GMT +3)

14.30-14.35	Welcome / Zoom tech
14.35-14.45	Dr Alexander Polukhin, P.P.Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences (Head of the Laboratory of Biohydrochemistry)
14.45-14.55	Dr Paul Mann, Northumbria University (lead investigator CACOON project)
14.55-15.05	Alexander Kokorin, Lomonosov Moscow State University Marine Research Center (Head of Laboratory of Hydrobiology)

15.05-15.15	Q&A session
15.15-15.25	Dr Yevgeny Aksenov, National Oceanography Centre, Southampton (lead investigator APEAR project)
15.25-15.35	Dr Anna Zalota, P.P.Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences (laboratory of ecology of coastal bottom communities)
15.35-15.45	Prof. Claire Mahaffey, Professor of Ocean Sciences, University of Liverpool; (lead investigator ARISE project)
15.45-15.55	To be announced
15.55-16.15	Q&A session / Discussion
16.05-16.30	E-poster session / open discussion
Special session on biological fouling - cross-cutting research opportunities	
16:30 – 18:00 Moscow time (GMT +3)	
16.30-16.35	Welcome and Zoom tech details.
16.35-16.40	Prof. Vadim O Mokievsky (IO RAS, Moscow) Welcome address of the session.
16.40.17.00	Dr Sergey Dobretsov (UNESCO Chair in Marine Biotechnology, President of European Society for Marine Biotechnology, Director of Centre of Excellence in Marine Biotechnology, Sultan Qaboos University, Oman) New techniques for analysis of microbial deep-sea biofouling: challenges and perspectives.
17.00-17.15	Dr Kirstin Meyer-Kaiser (Woods Hole Oceanographic Institution) Title TBA
17.15-17.20	Alexandra Chava (IO RAS, Moscow) Hitching a ride to the ocean's depths: use of autonomous seafloor equipment for studying biofouling below the photic zone
17.20-17.25	Petra Harsanyi (St Abbs Marine Station, Scotland) Title TBA
17:25-17:30	Dr Sergej Olenin (Marine Reserch institute, Klaipeda University) Biofouling of marine infrastructuries: a stepping stone for marine invasive species

Стендовая секция
Углеводородные газы и газовые гидраты в морских отложениях

модераторы:	Матвеева Т.В. (ФГБУ"ВНИИОкеангеология")	Полудеткина Е.Н. (МГУ им. М.В. Ломоносова)
17.30-17.35	ПРИЗНАКИ ПОЗДНЕ-ПЛЕЙСТОЦЕНОВОЙ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ГИДРАТОНОСНОСТИ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-19)	Сигачева Л.Ю. 1, Кудаев А.А. 1, Монтелли А.И. 1, Ахманов Г.Г. 1, Хлыстов О.М. 2 1 – МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 – ЛИН СО РАН
17.35-17.40	ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС НА ПУТИ К ОСВОЕНИЮ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ	Логвина Е.А. 1, Матвеева Т.В. 1, Назарова О.В. 1, Бочкарев А.В. 1, Семенова А.А. 1 1 – ВНИИОкеангеология
17.40-17.45	АУТИГЕНЕЗ ГАЗОГИДРАТОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СТРУКТУРЫ ХАОС (ОХОТСКОЕ МОРЕ)	Логвина Е.А. 1, Крылов А.А. 1, 2, 3 Матвеева Т.В. 1 1 - ФГБУ «ВНИИОкеангеология»; 2- СпбГУ; 3 - ЛИН СО РАН

Стендовая секция
Морская биология

модераторы:	Мокиевский В.О. (ИО РАН)	Цетлин А.Б. (МГУ им. М.В. Ломоносова)
17.30-17.35	ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ Anadara kagoshimensis (BIVALVIA) В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ	Колючкина Г.А. 1, Симакова У.В. 1, Елена Дунка 2, Семин В.Л. 1, Птушкин М.Д. 3, Тимофеев В.А. 4, Рязанцев К.М. 5 1 - ИО РАН; 2 - Naturhistoriska riksmuséet Sektionen för Paleobiologi (Sweden); 3 - МПГУ; 4 - ФИЦ ИнБЮМ; 5 - ГЕОХИ РАН
17.35-17.40	ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА OPHIURA SARSII LÜTKEN, 1855 В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ	Назарова С.А. 1, Стратаненко Е.А. 1, Генельт-Яновский Е.А. 1 1 - ЗИН РАН
17.40-17.45	РОЛЬ ПОБЕГА В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ У КОЛОНИАЛЬНОГО ГИДРОИДА DYNAMENA PUMILA (L., 1758)	Дементьев В.С. 1, Марфенин Н.Н. 1 1 – МГУ им. М.В. Ломоносова
17.45-17.50	РАКОВИННАЯ БОЛЕЗНЬ Anadara kagoshimensis (BIVALVIA): ПРИЧИНЫ И ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДЛЯ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ	Птушкин М.Д. 1, Симакова У.В. 2, Колючкина Г.А. 2, Семин В.Л. 2 1 – МПГУ; 2 – ИО РАН
17.50-17.55	СТРУКТУРА МЕЙОБЕНТОСА И ПРЕДСТАВИТЕЛИ ТИПА TARDIGRADA В АКВАТОРИИ СЕВЕРО-ВОСТОКА САХАЛИНА	Федяева М.А. 1 1 – ЦМИ МГУ
17.55-18:00	ГИБРИДИЗАЦИЯ ДВУХ БЛИЗКОРОДСТВЕННЫХ ВИДОВ CHIRONOMUS ГРУППЫ PLUMOSUS В ПРИБРЕЖНОЙ ЛАГУНЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ (КУРШСКИЙ ЗАЛИВ)	Маркиянова М.Ф. 1 1 - ИО РАН

18.00-18.05	ИЗВЕСТКОВЫЕ ГУБКИ БЕЛОГО МОРЯ (CALCAREA, PORIFERA): МЕХАНИЗМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗ ДИССОЦИИРОВАННЫХ КЛЕТОК	Фролова В.С. 1, 2, Скоренцева К.В. 3, Ересковский А.В. 1,2,4, Лавров А.И. 2,3,5 1 – ИБР РАН; 2 – СпбГУ; 3 – МГУ им. М.В. Ломоносова; 4 – Средиземноморский Институт экологии и биоразнообразия (Франция)
18.05-18.10	ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ТРЕНДЫ В РАЗВИТИИ ПЛАНКТОТРОФНЫХ И ЛЕЦИТОТРОФНЫХ ЛИЧИНОК ПОЛИХЕТ	Козин В.В. 1, Римская-Корсакова Н.Н. 2, Храмова Ю.В. 2, Костюченко Р.П. 1 1 – СпбГУ; 2 – МГУ им. М.В. Ломоносова
18.10-18.15	ОСЕВЫЕ ОТНОШЕНИЯ У МНОГООСКУЛЮМНОЙ ГУБКИ: ТРАНСКРИПТОМНЫЙ ПОДХОД К ВОПРОСУ ПОЛЯРНОСТИ LEUCOSOLENIA CF. VARIABILIS (CALCAREA, PORIFERA)	Борисенко И.Е. 1, Лавров А.И. 2, Ересковский А.В. 1,3,4 1 - СПбГУ; 2 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 3 - ИБР РАН; 4 - Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale (Франция)
Стендовая секция Гидрология		
модераторы:	**Субетто Д.А. (РГПУ имени А.И. Герцена, ИВПС КарНЦ РАН)**	**Демиденко Н.А.(ГОИН)**
17.30-17.35	Дискуссия	
17.35-17.40	ИЗМЕНЧИВОСТЬ БУДУЩЕГО СТОКА РЕКИ ЛЕНЫ	Калугин А.С. 1 1 – ИВП РАН
17.40-17.45	ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ЗИМНЕГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПРИЛИВНЫХ УСТЬЕВ РЕК ТЕРСКОГО БЕРЕГА БЕЛОГО МОРЯ НА ПРИМЕРЕ РЕК УМБА И КУЗРЕКА	Смирнова Д.А. 1, Шишов А.А. 1, Василенко А.Н. 1, Ефимов В.А. 1, Агафонова С.А. 1 1 – МГУ им. М.В. Ломоносова
17.45-17.50	Дискуссия	
17.50-17.55	ИССЛЕДОВАНИЯ СВЯЗИ ТЕРМИЧЕСКОГО И ЛЕДОВОГО РЕЖИМОВ РЕК РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ ПО ДАННЫМ МНОГОЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ	Василенко А.Н. 1, Агафонова С.А. 1, Фролова Н.Л. 1 1- МГУ им. М.В. Ломоносова
17.55-18.15	Дискуссия	

Стендовая секция Морская биология		
модераторы:	**Мокиевский В.О. (ИО РАН)**	**Цетлин А.Б. (МГУ им. М.В. Ломоносова)**
17:30-17.35	ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БИОТЫ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ ПРЕГОЛЯ ПОСЛЕ ТЕХНОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ РУСЛА В УСЛОВИЯХ БЕСПРИЛИВНОГО БАЛТИЙСКОГО МОРЯ	Полунина Ю.Ю. 1, Герб М.А. 1, Ежова Е.Е. 1, Ланге ЕЕ.К. 1, Володина А.А. 1, Кочешкова О.В. 1 1 - ИО РАН
17.35-17.40	ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ И ТРОФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЛИТОРАЛЬНОГО МАКРОБЕНТОСА ГУБЫ ГРЯЗНОЙ И ЭСТУАРИЯ РЕКИ ЧЕРНОЙ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ, БЕЛОЕ МОРЕ)	Столяров А.П. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
17.40-17.45	ИЗМЕНЕНИЯ В СООБЩЕСТВАХ ПОЛИХЕТ ЗЮЙДКАПСКОГО ЖЕЛОБА И МЕДВЕЖИНСКО-	Хачетурова К.С. 1, Носова Т.Б. 1, Фролова Е.А. 2, Дикаева Д.Р. 2

	НАДЕЖДИНСКОГО МЕЛКОВОДЬЯ (БАРЕНЦЕВО МОРЕ) ЗА ПЕРИОД 2005-2015 ГГ.	1 - ПИНРО; 2 - ММБИ РАН
17.45-17.50	ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД В ИЗУЧЕНИИ ДОННЫХ ОСАДКОВ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ	Руденко О.В. 1 1 - Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева
17.50-17.55	ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗООБЕНТОСА В ТОЛЩЕ ГРУНТА В ЖЕЛОБЕ ФРАНЦ-ВИКТОРИЯ И У ЗЕМЛИ ФРАНЦА-ИОСИФА ПО ДАННЫМ ПЕРВОГО ЭТАПА ЭКСПЕДИЦИИ «ТРАНСАРКТИКА-2019»	Семин В.Л. 1, Зимина О.Л. 2 1 - ИО РАН; 2 - ММБИ РАН
17.55-18.00	СТРУКТУРА СООБЩЕСТВА СВОБОДНОЖИВУЩИХ НЕМАТОД КАРСКОГО МОРЯ	Лепихина П.П. 1, Портнова Д.А. 2 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова, 2 - ИО РАН
18.00-18.05	ДОННЫЕ БИОЦЕНОЗЫ АЗОВСКОГО МОРЯ НА ПИКЕ СОВРЕМЕННОГО ОСОЛОНЕНИЯ	Живоглядова Л.А. 1, Фроленко Л.Н. 1, Афанасьев Д.Ф. 1 1 - АзНИИРХ
18.05-18.10	СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОЯСНЫХ СООБЩЕСТВ ЧЕРНОГО МОРЯ	Семин В.Л. 1, Колючкина Г.А. 1, Чикина М.В. 1, Басин А.Б.1 1 - ИО РАН
18.10-18.15	МАСШТАБЫ МОЗАИЧНОСТИ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ МАКРОЗООБЕНТОСА СУБЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОСТЕРЫ В ТАМАНСКОМ ЗАЛИВЕ	Любимов И.В. 1, Колючкина Г.А. 1, Мокиевский В.О. 1 1 - ИО РАН
18.15-18.20	ФЛОРА МАКРОВОДОРОСЛЕЙ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ	Володина А.А. 1 1 - ИО РАН
18.20-18.25	РОЛЬ БЕНТОСНЫХ ХИЩНИКОВ В ФОРМИРОВАНИИ ЭПИБИОЗА КРАСНОЙ ВОДОРОСЛИ PHYCODRYS RUBENS В ПРОЛИВЕ ВЕЛИКАЯ САЛМА (КАНДАЛАКШСКИЙ З-В, БЕЛОЕ МОРЕ)	Чава А.И. 1, Артемьева А.В. 2, Яковис Е.Л. 2 1 - ИО РАН; 2 - СПбГУ
18.25-18.30	О НАХОДКАХ ЭКЗОТИЧЕСКИХ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ RANGIACUNEATA (BIVALVIA:MACTRIDAE) И LAONOMECF. CALIDA (POLYCHAETA: SABELLIDAE) В РОССИЙСКИХ ВОДАХ ВОСТОЧНОЙ И ЮЖНОЙ БАЛТИКИ	Лятун М.В. 1, Ежова Е.Е. 2, Орлова М.И. 1 - ФГБУН СпбНЦ РАН; 2 - ИО РАН
18.30-18.35	ЦВЕТЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА В МЕЛКОВОДНОЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ЮЖНОЙ БАЛТИКИ	Мельник А.С. 1,2, Ежова Е.Е. 1, Ланге Е.К. 1 1 - ИО РАН; 2 - БФУ им. И.Канта
Стендовая секция Морская геология Арктического бассейна		
модераторы:	**Шевченко В.П. (ИО РАН)**	**Рыбалко А.Е. (СПбГУ, ФГБУ "ВНИИОкеангеология", ЦМИ МГУ)**
17.30-17.35	МЕТАН В ПОДЗЕМНЫХ ЛЬДАХ ЗАПАДНОГО ЯМАЛА	Стрелецкая И.Д. 1, Васильев А.А. 2,3, Ванштейн Б.Г. 4, Облогов Г.Е. 2,3, Задорожная Н.А. 2 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ИКЗ ТюмНЦ СО РАН; 3 - ТГУ; 4 - ФГБУ "ВНИИОкеангеология"
17.35-17.40	РАССЕЯННОЕ ОСАДОЧНОЕ ВЕЩЕСТВО В МОРСКОЙ КРИОСИСТЕМЕ: СНЕГ–ДРЕЙФУЮЩИЙ ЛЕД–ПОДЛЕДНАЯ ВОДА АРКТИКИ И АНТАРКТИКИ	Новигатский А.Н. 1, Клювиткин А.А. 1 1 - ИО РАН
17.40-17.45	ЛИТОФАЦИАЛЬНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНО-БАРЕНЦЕВОМОРСКОЙ ВПАДИНЫ (ПО ДАННЫМ РЕЙСА TTR-19)	Бычкова Е.С. 1, Соловьева М.А. 1, Ахманов Г.Г. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова

17.45-17.50	ЛЕДНИКОВЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ШЕЛЬФА БАРЕНЦЕВА МОРЯ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭВОЛЮЦИИ ОЛЕДЕНЕНИЯ (ПО ДАННЫМ РЕЙСА TTR-19)	Елисеев А.А. 1 , Соловьёва М.А. 2 , Ахманов Г.Г. 1 , Василевская Я.Н. 1 , Монтелли А.И. 3 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ООО «Деко-геофизика»; 3 - Scott Polar Research Institute, University of Cambridge (UK)
17.50-17.55	ПЕРСПЕКТИВЫ ГАЗОНОСНОСТИ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА АКВАТОРИЙ АРКТИКИ	Кишанков А.В. 1,2 1 - РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина; 2 - ИПНГ РАН
17.55-18.00	ОЦЕНКА РОЛИ ОЛЕДЕНЕНИЯ СРЕДНЕГО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА В ФОРМИРОВАНИИКРИОЛИТОЗОНЫ СЕВЕРА ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО ШЕЛЬФА	Гаврилов А.В. 1, Малахова В.В. 2, Пижанкова Е.И. 1, Попова А.А. 3 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ИВМ иМГ СО РАН; 3 - ООО «Северные Изыскания»
18.00-18.05	ОСОБЕННОСТИ ЛЕДОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В АРКТИКЕ И УМЕРЕННЫХ ШИРОТАХ	Мазнев С.В. 1, Огородов С.А. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
18.05-18.10	НОВЫЕ ДАННЫЕ О РЕЛЬЕФЕ ДНА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-19	Кривцов А.Ю. 1, Соловьёва М.А. 2, Ахманов Г.Г. 1, Буланова И.А. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ООО «Деко-геофизика»
18.10-18.15	ОЧАГИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЯНЫМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ В БАРЕНЦЕВО-КАРСКОМ БАССЕЙНЕ ПРИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХОГЕННЫХ НАГРУЗКАХ	Александрова А.Г. 1 1 - ИО РАН
18.15-18.20	ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ЛЕДНИКОВЫХ ПАЛЕОДОЛИН СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО ДАННЫМ РЕЙСА TTR-19)	Соколова Е.О. 1,2, Соловьёва М.А. 1,2, Ахманов Г.Г. 1, Буланова И.А. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ЦАСД МГУ
18.20-18.25	МАКРОКОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОРОВЫХ ВОД ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЖЁЛОБА СЕДОВА БАРЕНЦЕВА МОРЯ	Шиндина Н.Е. 1, Казак Е.С. 1, Барковский М.Д. 1, Даниленко А.С. 1, Ахманов Г.Г. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
18.25-18.30	ИЗМЕРЕНИЕ ВЕЛИЧИН pH И Eh ПРИ ДИАГЕНЕЗЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ ШЕЛЬФА БАРЕНЦЕВА МОРЯ В РАЙОНЕ ВОСТОЧНО-БАРЕНЦЕВОМОРСКОЙ ВПАДИНЫ И ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЖЕЛОБА СЕДОВА	Барковский М.Д. 1, Даниленко А.С. 1, Казак Е.С. 1, Шиндина Н.Е. 1, Ахманов Г.Г. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова

Стендовая секция
Подводное культурное наследие

модераторы:	Фазлуллин С.М. (РГГУ)	
17.30-17.35	ОТ ВИРТУАЛЬНОСТИ К РЕАЛЬНОСТИ: ВОЗМОЖНЫЙ ПУТЬ К СОЗДАНИЮ ПОДВОДНЫХ ПАРКОВ	Николаев И.Р. 1, Горлов И.О. 2 1 - Культурно-исторический центр «Светоч»; 2 - ЦМИ МГУ
17.35-17.40	КОНФИГУРИРУЕМАЯ, МАСШТАБИРУЕМАЯ РОБОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ПЛОЩАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АКВАТОРИИ ДИСТАНЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ	Горлов И.О. 1, Хохлов С.А. 2 1 - ЦМИ МГУ; 2 - ООО «Лаборатория сетевых технологий»
17.40-17.45	РАССЧЁТ ВОДНО-ИЗОТОПНОГО БАЛАНСА ЧЕРНОМОСКОГО БАССЕЙНА ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКОГО ОПТИМУМА ГОЛОЦЕНА	Дикарёв В.А. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
17.45-17.50	РЕЧНОЕ КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ ДОЛИНЫ РЕКИ ОКИ	Степина М.Н. 1 1 - РГГУ
17.50-17.55	РЕПЛИКИ ИСТОРИЧЕСКИХ ПЛАВСРЕДСТВ: ТИПОЛОГИЯ И ФОРМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	Платонова О.А.1 1 - РГГУ

17.55-18.00	К ВОПРОСУ О РЕПРЕЗЕНТАЦИИ ПОДВОДНОГО КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ В МУЗЕЯХ КАМПЕЧЕ (МЕКСИКА) И КАРТАХЕНЫ (ИСПАНИЯ)	Борисова Г.А. 1 1 - РГГУ
18.00-18.05	СЕВЕРОДВИНСКИЙ ТОРГОВЫЙ ПУТЬ КАК ОБЪЕКТ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ	Бардашов М.Н. 1 1 - РГГУ
18.05-18.10	«МИР БЕСКОНЕЧНОСТИ. АНДРЕ ЛАБАН» ВЫСТАВОЧНЫЙ ПРОЕКТ ОБ ИСТОРИИ ПОДВОДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ВСЕМИРНО ИЗВЕСТНОМ АКВАНАВТЕ АНДРЕ ЛАБАНЕ	Быкова А.О. 1, Денисова М.Д. 1 1 - РГГУ

Стендовая секция
Морская геология

модераторы:	Шевченко В.П. (ИО РАН)	Рыбалко А.Е. (СПбГУ, ФГБУ "ВНИИОкеангеология", ЦМИ МГУ)
17.30-17.35	МОРФОДИНАМИКА БЕРЕГОВ ОСТРОВА ИТУРУП (ЮЖНЫЕ КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)	Кузнецов М.А. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
17.35-17.45	Дискуссия	
17.45-17.50	УРУНДЖИКСКИЙ ЭТАП В ИСТОРИИ КАСПИЯ	Янина Т.А. 1 1 - МГУ им. М.В.Ломоносова
17.50-17.55	Дискуссия	
17.55-18.00	ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ДОННЫХ ОСАДКОВ НА ТРАНСАТЛАНТИЧЕСКОМ РАЗРЕЗЕ	Шайхутдинова К.В. 1, Стародымова Д.П. 2, Булохов А.В. 2, Козина Н.В. 2 1 - СПбГУ, Институт наук о Земле; 2 - ИО РАН
18.00-18.05	СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ РАЗЛОМНЫХ ЗОН АГУЛЬЯС И ЭНДРЮ-БЕЙН	Кохан А.В. 1, Дубинин Е.П. 2, Агранов Г.Д. 2, Толстова А.И. 2 1 - ООО Сварог; 2 - МГУ им. М.В. Ломоносова
18.05-18.10	СОСТАВ И ГЕНЕЗИС АЛЕВРО-ПЕСЧАНЫХ ПРОСЛОЕВ ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ	Томасенко С.В. 1, Косоруков В.Л. 1, Ахманов Г.Г. 1, Кудаев А.А. 1, Соловьева М.А. 1,2 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ЦАСД МГУ
18.10-18.15	ПЕСЧАНЫЙ ДИАПИРИЗМ И ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННОЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА, НАКОПЛЕННОГО В ТУННЕЛЬНЫХ ДОЛИНАХ СЕВЕРО-ВОСТОКА БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-19)	Щепелев Ф.С. 1, Кудаев А.А. 1, Соловьева М.А. 1, Ахманов Г.Г. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
18.15-18.20	Дискуссия	
18.20-18.25	ГЕОМОРФОЛОГИЯ КОТЛОВИНЫ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА	Аксенов А.О. 1,2, Рыбалко А.Е. 1,3, Науменко М.А. 4 1 - СПбГУ; 2 ААНИИ; 3 - ФГБУ «ВНИИОКЕАНГЕОЛОГИЯ»; 4 - СПб ФИЦ РАН
18.25-18.30	ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА	Крылов О.В. 1, Лубнина Н.В. 1, Владов М.Л. 1, Модин И.Н. 1, Паленов А.Ю. 1, Кусов И.С. 2, Скобелев А.Д. 1, Косевич Н.И. 1, Фадеев А.А. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова, 2 - Институт развития города СГУ
18.30-18.35	КУРС ЛЕКЦИЙ: «МОРСКАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГЕОМОРФОЛОГИЯ» ДЛЯ СТУДЕНТОВ-	Мысливец В.И. 1 1 – МГУ им. М.В. Ломоносова

	ОКЕАНОЛОГОВ МГУ ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА И МОРСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	
Стендовая секция Морская биология		
модераторы:	**Цетлин А.Б. (МГУ им. М.В. Ломоносова)**	**Мельникова В.А. (ЦМИ МГУ)**
17.30-17.35	РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПИТАНИИ РЫБ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ	Зеленская А.Е 1, Иванова Т.С. 1, Иванов М.В. 1, Демчук А.С. 1, Лайус Д.Л. 1 1 - СПбГУ
17.35-17.40	СРАВНЕНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗРАСТА И РОСТА КЛЮВОРЫЛОЙ АНТИМОРЫ ANTIMORA ROSTRATA (MORIDAE, GADIFORMES) В ВОДАХ ЮЖНОГО ПОЛУШАРИЯ	Коростелев Н.Б. 1, Орлов А.М. 1,2,3,4,5 1 - ИПЭЭ РАН; 2 - ВНИРО; 3 - ДГУ; 4 - ТГУ; 5 - ПИБР ДНЦ РАН
17.40-17.45	ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРОСОМНЫХ БАКТЕРИОХЛОРОФИЛЛОВ ЗЕЛЕНЫХ СЕРНЫХ БАКТЕРИЙ ПО СПЕКТРАМ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ЭКСТРАКТОВ	Рымарь В.В. 1, Жильцова А.А. 1, Краснова Е.Д. 1, Воронов Д.А. 1,2, Пацаева С.В. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ИППИ РАН
17.45-17.50	ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ВОДЫ ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ВОДОЕМОВ КАНДАЛАКШСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БЕЛОГО МОРЯ	Жильцова А.А. 1, Краснова Е.Д. 1, Воронов Д.А. 1, 2, Емельянцев П.С. 1, Пацаева С.В. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ИППИ РАН
17.50-17.55	УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ГРИБОВ И ГРИБОПОДОБНЫХ ОРГАНИЗМОВ В МОРСКИХ УСЛОВИЯХ	Фадеев А.Ю. 1, Георгиева М.Л. 1,2, Перебоев Д.Д. 1, Бубнова Е.Н. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - НИИНА
17.55-18.00	ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ БИОТИЧЕСКИХ И АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТКАНЯХ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ КАРСКОГО МОРЯ	Будько Д.Ф. 1, Лобус Н.В. 1, Демина Л.Л. 1, Веденин А.А. 1 1 - ИО РАН
18.00-18.05	РЕПРОДУКТИВНАЯ СИСТЕМА МАССОВЫХ БЕЛОМОРСКИХ КОПЕПОД: ТРЁХМЕРНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ	Юрикова Д.А. 1, Кособокова К.Н. 2, Петрунина А.С. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ИО РАН
18.05-18.10	АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЫБОПРОМЫСЛОВЫХ АКВАТОРИЙ НА БАЗЕ ОПЕРАТИВНОЙ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ	Барканова Т.Б. 1 1 - ВНИРО
18.10-18.15	НАУЧНЫЕ И ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА "БОЛЬШАЯ АРКТИЧЕСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ 2018"	Смирнов И. А.1, Шпаро М. Д.2 1 - Гимназия святителя Василия Великого; 2 - Директор ГБК «ЦДО «Лаборатория путешествий»
Стендовая секция Океанология		
модераторы:	**Демидов А.Н. (МГУ им. М.В. Ломоносова)**	**Крашенинникова С.Б. (ФИЦ ИнБЮМ)**
16.00-16.05	ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННЫХ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ В МОРЯХ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ	Медведев И.П. 1 1 - ИО РАН
16.05-16.10	ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ АЗОВСКОГО МОРЯ В 2019 Г. В СЕЗОННОМ И МНОГОЛЕТНЕМ АСПЕКТАХ	Косенко Ю.В. 1 1 - АхНИИРХ
16.10-16.15	МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ БЕЛОГО МОРЯ ЛЕТОМ	Нецветаева О.П. 1 1 - ФГБУ "Национальный парк "Русская Арктика"
16.15-16.20	ОСОБЕННОСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА АЗОВСКОГО МОРЯ В 2019	Жукова С.В. 1, Шишкин В.М. 1, Карманов В.Г. 1, Подмарева Т.И. 1, Фоменко И.Ф. 1, Лутынская Л.А. 1, Бурлачко Д.С. 1, Безрукавая Е.А. 1 1 - АзНИИРХ

16.20-16.25	СПЕКТР МЕЗОМАСШТАБНЫХ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ В МОРЕ ЛАПТЕВЫХ	Куликов М.Е. 2, Медведев И.П. 2, Архипкин В.С. 1 1 - МГУ им. М. В. Ломоносова; 2 - ИО РАН
16.25-16.30	ОЦЕНКА ЦУНАМИОПАСНОСТИ НА ПОБЕРЕЖЬЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ	Медведева А.Ю. 1, Куликов Е.А. 1 1 - ИО РАН
16.30-16.35	ОБ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ОСРЕДНЕНИЯ НА РАСЧЕТ КАСАТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ТРЕНИЯ ВЕТРА	Сильвестрова К.П. 1 1 - ИО РАН
16.35-16.40	ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ОПРЕСНЕННЫХ ВОД КАЛИНИНГРАДСКОГО ЗАЛИВА ПРИ ИХ ВЫТОКЕ В БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ	Григорьева М.Ю. 1, Осадчиев А.А. 2, Степанова Н.Б. 1,2 1 - МФТИ; 2 - ИО РАН
16.40-16.45	ЗАТОПЛЕНИЕ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ШТОРМОВЫХ НАГОНОВ	Павлова А.В. 1,2, Архипкин В.С. 2, Мысленков С.А. 1,2 1 - Гидрометцентр России; 2 - МГУ им. М.В. Ломоносова
16.45-16.50	ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОД ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧУКОТСКОГО МОРЯ В АВГУСТЕ 2019 Г.	Кодрян К.В. 1 1 - ВНИРО
16.50-16.55	СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИЗОСТЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ЛОФОТЕНСКОЙ КОТЛОВИНЕ НОРВЕЖСКОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ РЕАНАЛИЗА GLORYS	Новоселова Е.В. 1, Белоненко Т.В. 1 1 - СПбГУ
16.55-17.00	Дискуссия	
17.00-17.05	О НЕКОТОРЫХ ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРАХ ПАЛЕОСОБЫТИЙ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АТЛАНТИКЕ	Михайлов С.Н. 1, Козина Н.В. 1, Демина Л.Л. 1 1 - ИО РАН
17.05-17.10	Дискуссия	
17.10-17.15	ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ СПЕКТРОВ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ	Мысленков С.А. 1,2, Бадулин С.И. 2, Лопатухин Л.И. 3, Архипкин В.С. 1, Adem Akpinar 4, Bilal Bingölbali 4, Mehmet Burak Soran 4 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ИО РАН; 3 - СПбГУ; 4 - Uludag University (Turkey)
17.15-17.20	ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИНЗЫ РАСПРЕСНЕННЫХ ВОД В 2015 ГОДУ	Рогожин В.С. 1, Дианский Н.А. 2, Полухин А.А. 3 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ИВМ РАН; 2 - ГОИН; 3 - ИО РАН
17.20-17.25	АНАЛИЗ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ МАССО-ВОГО ВЫМЫВАНИЯ МОРСКОГО МУСОРА НА БЕРЕГ САМБИЙСКОГО ПОЛУОСТРОВА (ЮГО-ВОСТОК БАЛТИЙСКОГО МОРЯ)	Фетисов С.В. 1, Чубарекно И.П. 2, Есюкова Е.Е. 2 1 -БФУ им. И.Канта 2 -ИО РАН
17.25-17.30	ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕДОВИТОСТИ В ЗАПАДНОМ СЕКТОРЕ АРКТИКИ	Шапкин Б.С. 1, Рубченя А.В. 1, Иванов Б.В. 1,2, Смоляницкий В.М. 2, Ревина А.Д. 2 1 - СПбГУ; 2 - ААНИИ
17.30-17.35	ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОЩАДИ ЛЬДА НА КАРСКОМ МОРЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СУРОВОСТИ ЗИМЫ	Петрученко А.И. 1, Круглова Е.Е. 1, Мехова О.С. 1, Подрезова Н.А. 1 1 - РГГМУ
17.35-17.40	ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОД РЕКИ КЕРЕТЬ НА УСТЬЕВОМ ВЗМОРЬЕ	Маховиков А.Д. 1, Смагин Р.Е. 1 1 - СПбГУ
17.40-17.45	УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РАЗРЫВНЫХ ТЕЧЕНИЙ НА БАЛТИЙСКОЙ КОСЕ В 2020 Г.	Мехова О.С. 1, Круглова Е.Е. 1, Павлова М.А. 2, Сильвестрова К.П. 3, Мысленков С.А. 4, Медведева А.Ю. 3, Закиров Р.Б. 5, Чубаренко Б.В. 5, Степанова Н.Б. 3 1 - РГГМУ; 2 - МФТИ; 3 - ИО РАН; 4 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 5 - АО ИО РАН

17.45-17.50	СОБСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА	Захаржевский М.В. 1, Медведев И.П. 2, Степанова Н.Б. 1,2 1 - МФТИ; 2 - ИО РАН
17.50-17.55	ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА.	Капустникова Д.Д. 1, Медведев И.П. 2, Степанова Н.Б. 1,2 1 - МФТИ; 2 - ИО РАН
17.55-18.00	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫТОКА ВОД КАЛИНИНГРАДСКОГО ЗАЛИВА В БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ	Демешко Д.М. 1, Осадчиев А.А. 2, Степанова Н.Б. 2 1 - МФТИ; 2 - ИО РАН
18.00-18.05	ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТОКОВ МОРСКОЙ ВОДЫ В КАЛИНИНГРАДСКИЙ ЗАЛИВ И КАЛИНИНГРАДСКИЙ МОРСКОЙ СУДОХОДНЫЙ КАНАЛ	Якушкин Л.Е. 1, Осадчиев А.А. 2, Степанова Н.Б. 2, Чубаренко Б.В. 3 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ИО РАН; 3 - АО ИО РАН
18.05-18.10	ПРИЛИВЫ В ВИСЛИНСКОМ ЗАЛИВЕ	Сайкович К.М. 1, Медведев И.П. 2, Степанова Н.Б. 2,3 1 - СПбГУ; 2 - ИО РАН; 3 - МФТИ
18.10-18.15	СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ С ДАННЫМИ ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ	Смирнова Д.А. 1, Мысленков С.А. 1, 2, 3, Медведева А.Ю. 2, Степанова Н.Б. 2, Чубаренко Б.В. 4 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ИО РАН; 3 - Гидрометцентр России; 4 - АО ИО РАН
18.15-18.20	ВЛИЯНИЕ БАРОТРОПНОГО ВОДООБМЕНА НА ВНУТРЕННИЕ КОЛЕБАНИЯ ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА	Верещагин А.К. 1, Медведев И.П. 2, Куликов Е.А. 2, Степанова Н.Б. 1, 2 1 - МФТИ; 2 - ИО РАН
18.20-18.25	АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ УРОВЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА В ДИАПАЗОНЕ ПЕРИОДОВ ОТ СЕКУНД ДО СУТОК	Шишкова П.О. 1, Медведев И.П. 2, Степанова Н.Б. 2, 3, Чубаренко Б.В. 4, Закиров Р.Б. 4 1 - СПбГУ; 2 - МФТИ; 3 - ИО РАН; 4 - АО ИО РАН

Стендовая секция Рациональное природопользование		
модераторы:	**Спиридонов В.А. (ИО РАН)**	**Загретдинова Д.Р. (ЦМИ МГУ)**
17.30-17.35	О МОРСКИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСАХ АРКТИКИ, ПОЛЯРНОМ ТУРИЗМЕ И НАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРКАХ	Спиридонов В.А. 1 1 - ИО РАН
17.35-17.40	КАМБАЛЫ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ: ХЛОРОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ КАК ФАКТОР РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ	Донец М.М. 1, Цыганков В.Ю. 1, Боярова М.Д. 1, Гумовский А.Н. 1, Гумовская Ю.П. 1, Христофорова Н.К. 1, 2 1 - ДВФУ; 2 - ТИГ ДВО РАН
17.40-17.45	АЭРОТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ДОННЫХ ОСАДКОВ МАЛЫХ ОЗЁР ВОДОСБОРОВ БАЛТИЙСКОГО, БЕЛОГО И БАРЕНЦЕВА МОРЕЙ	Шевченко В.П. 1, Алиев Р.А. 2, Кокрятская Н.М. 3, Стародымова Д.П. 1, Субетто Д.А. 4, Чупаков А.В. 3 1 - ИО РАН; 2 - НИЦ “Курчатовский институт”; 3 - ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН; 4 - РГПУ им. А.И. Герцена
17.45-17.50	РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ БЕРЕГОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ К НЕФТЯНЫМ РАЗЛИВАМ	Ермолов А.А. 1, Илюшин Д.Г. 2, Кизяков А.И. 1, Михайлюкова П.Г. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ЦМИ МГУ
17.50-17.55	ДЕГАЗАЦИОННОЕ ДРОБЛЕНИЕ И СТАГНАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ АНОМАЛИИ ЭЛЬ-НИНЬО	Люшвин П.В. 1, Буянова М.О. 2 1 - ООО «ЛИКО»; 2 - Национальный исследовательский университет

Стендовая секция Гидрографические и геофизические исследования на акваториях		
модераторы:	**Токарев М.Ю. (МГУ им. М.В. Ломоносова)**	**Лыгин И.В. (МГУ им. М.В. Ломоносова)**
17.00-17.05	МОРСКОЕ ЦИФРОВОЕ СЕЙСМИЧЕСКОЕ ПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО С ПРОГРАММИРУЕМОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ	Гайнанов В.Г. 1 , Зверев А.С. 2, Мутовкин А.Д. 3 1 – МГУ имени М.В.Ломоносова; 2 – ГЕОХИ РАН; 3 – ИО РАН
17.05-17.10	КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЖЕЛОБА СЕДОВА (БАРЕНЦЕВО МОРЕ) В ЭКСПЕДИЦИИ TTR-19	Любицкая А.В. 1, Соловьева М.А. 2 1 - ООО СПЛИТ; 2 - ООО «Деко-геофизика»
17.10-17.15	АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	Шклярук А.Д. 1, Кузнецов К.М. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
17.15-17.20	РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА АКВАТОРИИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В РЕЙСЕ TTR-19	Миринец А.К. 1,2, Марятов А.К. 1, Алёшин М.И. 1,2 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 - ООО «СПЛИТ»
17.20-17.25	СТРУКТУРА ШТОРМОВОГО ВОЛНЕНИЯ КАК ФАКТОР СЕЗОННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ БЕРЕГОВОГО ПРОФИЛЯ	Корзинин Д.В. 1 1 - ИО РАН
17.25-17.30	МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ	Токмачев Д.А. 1, Полетаев А.С. 1, Ченский А.Г. 1 1 - ИРНИТУ
17.30-17.35	АНАЛИЗ ПЕРВЫХ ВСТУПЛЕНИЙ НА МОРСКИХ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОСЕТЕЙ	Архипов Н.Д. 1, Солдатенко А.М. 1 1 - МГУ им. М.В Ломоносова
17.35-17.40	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ПО ДАННЫМ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ С ДОННЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ В ГУБЕ РУГОЗЕРСКАЯ (БЕЛОЕ МОРЕ)	Гоманюк Ю.А. 1, Белов М.В. 2 1 - МГУ им. М.В.Ломоносова; 2 - ООО «СПЛИТ»
17.40-17.45	ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ AVO-ПАРАМЕТРОВ ДОННОГО ОТРАЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОВОДНОГО ШЕЛЬФА КАРСКОГО МОРЯ	Савадян Т.С. 1, Хритова Ю.А. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
17.45-17.50	ПРЕИМУЩЕСТВА МОРСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ МАГНИТОРАЗВЕДКИ В АРКТИКЕ	Лыгин И.В. 1 1 - МГУ им. М.В. Ломоносова
18.00-19.00	Закрытие конференции. Заключительное слово от модераторов секций. Объявление результатов конкурса молодежных докладов (конкуср стендовых докладов)	Токарев М.Ю., Рыбалко А.Е., Мокиевский В.О., Спиридонов В.А., Субетто Д.А., Фазлуллин С.М., Демидов А.Н. и др.

Гидрология

Устные доклады

ИЗМЕНЕНИЕ ПАВОДОЧНОГО СТОКА РЕК БАССЕЙНА БАЙКАЛА В 1979–2018 ГГ.

Григорьев Вадим Юрьевич[1,2], Харламов Максим Александрович[1,2], Семенова Наталья Кирилловна[1], Сазонов Алексей Александрович[1,2], Чалов Сергей Романович[1]

[1]МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

[2]ИВП РАН, Москва

Введение

Режим паводочного стока (июнь–сентябрь) на реках бассейна Байкала является определяющим как для хозяйственного использования водных ресурсов в бассейне, так и для функционирования экосистемы озера. Уменьшение максимальных расходов воды на реках Селенга и Верхняя Ангара, среди прочих факторов, привело к уменьшению поступления взвешенных наносов к их дельтам на 51% и 70% соответственно с середины 1970-ых гг. [Чалов и др., 2019]. Для дельты р. Селенги характерен отрицательный баланс наносов при расходах воды (Q) менее 1000 м^3/с, а при Q>3000 м^3/с перехватывает до 70% наносов, являющихся важными переносчиками полютантов [Chalov et al., 2016]. Режим затопления и скорость течения непосредственно влияют на функционирование макрофитов в дельте Селенги, задерживающих от 3 до 10%, а для отдельных элементов и более, потока металлов и металлоидов [Shinkareva et al., 2019]. Основными факторами, определяющими развитие водорослей в озере Байкал, является поступление азота и фосфора [O'Donnell et al., 2017], в то время как рост температуры, хоть и играет положительную роль, значимого эффекта не оказывает. В свою очередь объем поступление фосфора главным притоком Байкала регулируется величиной расхода воды [Сороковикова и др., 2018].

Материалы и методы

Для анализа динамики паводочного стока на реках бассейна Байкала за 1979–2018 гг. были выбраны 44 гидрологических поста на территории России. Эти посты, по их положению, были разделены между 4 районами: посты юга бассейна Селенги (I район, один пост - р. Селенга - пос. Наушки), посты севера бассейна Селенги (II район, 36 постов), посты южной оконечности Байкала (III район, 4 поста) и посты северной части бассейна Байкала (IV район, 3 поста) (рис. 1). Данные о стоке по российским постам представлены до 2018 г. благодаря информации из Гидрометцентра России и данным автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов. Информация о суточных величинах осадков (P), испарения (E) и потенциального испарения (PET) за 1979–2018 гг. была получена из реанализа ERA-5 Land и ERA-5.

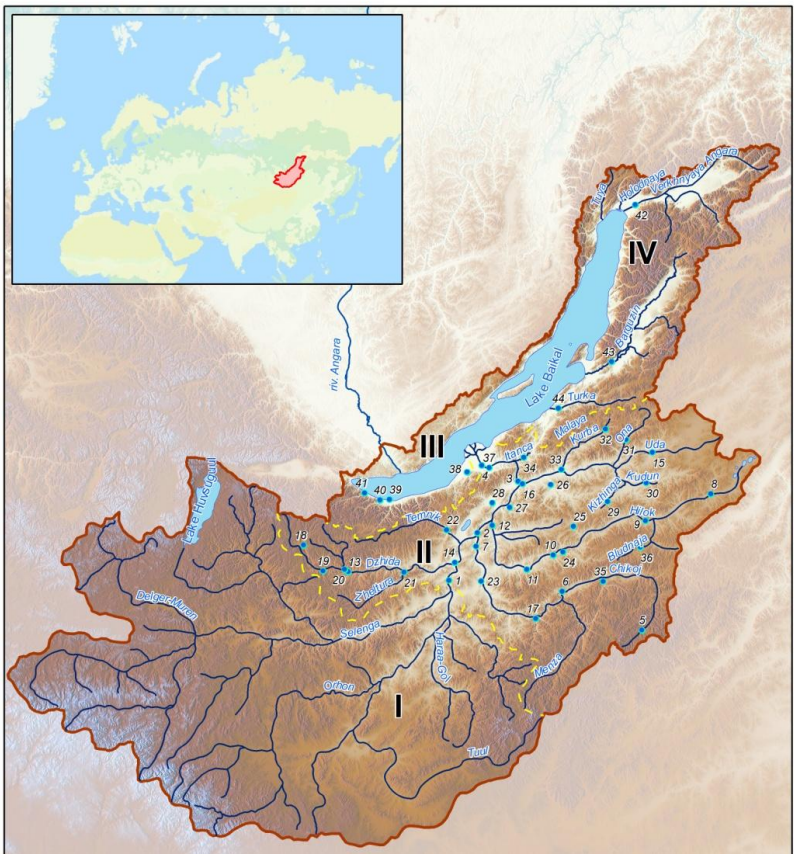


Рисунок 1. Расположение гидрологических постов (арабские цифры) и выделенных районов (римские цифры) в бассейне Байкала.

Режим стока паводочного периода характеризовался такими параметрами как средний расход ($Q_{ср}$), максимальный суточный расход ($Q_{макс}$) и дата прохождения половины стока за паводочный период (*CVD* center-volume date). Статистическая значимость линейных трендов оценивалась с помощью непараметрического теста Манна-Кендалла. Для оценки вклада изменчивости E и P в изменчивость $Q_{ср}$ использовались элементы доминантного анализа [Azen and Budescu, 2003]. При этом предполагалось, что величина испарения причинно не влияет на величину осадков.

Для каждого водосбора составлялось несколько уравнений множественной регрессии $Q_{ср}$ (P, E), где $Q_{ср}$ всегда брался за июнь-сентябрь, а P и E брались с некоторой задержкой (от 0 до 20 дней), учитывающей, что выпадающие осадки и испарение с поверхности водосбора не мгновенно влияют на величину $Q_{ср}$. Для расчета в дальнейшем использовалось уравнения, показавшие наибольшую величину коэффициента детерминации (R^2). Для этих же периодов, показавших наибольшую величину R^2, в дальнейшем рассчитывались линейные тренды P, E и *PET*. Вклад P в изменчивость $Q_{ср}$ принимался равным R^2 уравнения регрессии $Q_{ср}$ (P). Вклад E в изменчивость $Q_{ср}$ принимался равным разности $R^2(Q_{ср}(P, E))–R^2(Q_{ср}(P))$.

Результаты

Разнообразие условий формирования стока в бассейне Байкала обуславливает огромный разброс модуля стока между отдельными речными бассейнам - от 0.7 л/с*км^2 до 39 л/с*км^2. Его коэффициент вариации (C_v) также варьируется в широких пределах (0.25–1.2), при этом демонстрирует тесную связь с величиной модуля паводочного стока (*p-val*=0.1%). Модуль максимального стока и его коэффициент вариации варьируются в еще больших пределах – от 3.2 до 208 л/с*км^2 и от 0.32 до 2.87 соответственно. При этом C_v модуля максимального

стока мало зависит как от площади водосбора, так и средней величины $Q_{макс}$. Максимальные величины модуля $Q_{макс}$ характерны для III района. Минимальные величины приурочены к притокам рек Селенга и Уда в их нижнем течение. Положение *CVD* колеблется от 12 июля до 6 августа (для 90% постов с 25 июля по 6 августа), причем для более высоких водосборов CVD происходит позже (за исключением бассейна Верхней Ангары, где, видимо, в начале лета еще сказывается влияние талого стока. Стандартное отклонение *CVD* составляет порядка 12.5 дней, максимально для верховий северо-востока бассейна Селенги (~20 суток) и минимально для постов на р. Селенга. При этом, чем больше C_v $Q_{ср}$, тем больше C_v *CVD* (*p-val*=0.12%), т.е. чем больше изменчивость величины паводочного стока, тем больше изменчивость во времени его прохождения.

Уменьшение $Q_{ср}$ в бассейне Байкала было зафиксировано для 43 из 44 постов, причем оно статистически значимо для 23, 17 и 10 постов при *p-val* менее 5%, 2% и 1% соответственно. Значимое уменьшение $Q_{ср}$ наблюдается на всех постах р. Селенга, причем скорость снижения увеличивается вниз по течению от -1.2%/год на границе с Монголией до -1.6%/год в замыкающем створе. Большие скорости снижения $Q_{ср}$ в нижнем течение по сравнению с верхним характерны и для крупнейших притоков р. Селенги во II районе – рек Чикой, Хилок и, в меньшей степени, Уда. Для бассейнов этих рек и соседних мылах притоков Селенги, расположенных в северо-восточной части бассейна, характерны максимальные скорости снижения $Q_{ср}$. В районе бассейна р. Чикой тренд $Q_{ср}$ составляет порядка 0.9-1.4% в год. В бассейне р. Хилок тренд $Q_{ср}$ меняется от 1–1.5% в верхней части бассейна до 2.1% в низовьях. Скорость снижения $Q_{ср}$ для самых северных притоков Селенги достигает уже 1.5–2.9%/год. Для северо-западной части бассейна Селенги (левобережье II зоны) также характерно уменьшение $Q_{ср}$ однако оно статистически не значимое и составляет порядка -0.5% в год, причем большая скорость снижения $Q_{ср}$ характерная для бассейнов малых рек, расположенных в верховьях (до -1 % в год). Вниз по течению скорость уменьшения приближается к 0, а для нижнего створа на р. Джида даже наблюдается слабый рост – +0.25%/год. Средняя скорость снижения $Q_{ср}$ для рек III зоны составляет 0.7%/год, однако значимо оно лишь для двух рек. Незначимые отрицательные тренды характерны и для 4 района, причем величина тренда уменьшается с юга (-0.79%/год) на север (-0.18%/год). Интенсивность изменения $Q_{макс}$ в целом совпадает с $Q_{ср}$. Значимое изменения *CVD* было выявлено лишь для двух постов и, вероятно, носит случайный характер.

$Q_{ср}$ показывает тесную связь с величинами *P* и *E*, с медианной величиной R^2(*P*, *E*), равной 0.65. Количество осадков является основным фактором определяющим изменчивость $Q_{ср}$ в бассейне Байкала. Медианная величина R^2 для *P* составила 0.61, при минимуме в 0.12 и максимуме в 0.79. Вклад испарения на порядок меньше – медиана R^2 для него составила 0.014, с минимумом близким к 0 и максимумом в 0.13. Уменьшение количества осадков зафиксировано для всех рассматриваемых речных водосборов, при этом пространственная картина изменений близка к таковой для речного стока. Картина изменения *E* в бассейне Байкала значительно более неоднородная чем для *P*. Для тех водосборов где скорость уменьшения *P* составляла менее 0.8%/год, *E* выросло или же практически не изменилась. В силу малой величины изменчивости *E* даже относительно небольшие величины линейного тренда *E* (порядка 0.15–0.2% в год) являются статистически значимыми. В результате, статистически значимы изменения *E* для всех 4 районов, однако, если для III и IV районов (рост *E*) и I района (уменьшение *E*) они однонаправлены, то для II района характерен рост *E* в верховьях бассейнов и уменьшение в низовьях бассейнов рек. Одной из причин роста *E* на фоне сокращения количества осадков стал рост *PET*, значимый для всех 4 районов.

Пространственное распределение тренда *PET*, но с обратным знаком, близко к таковому для *P*, что, вероятно, связанно с малой величиной *PET* в дни с осадками.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 17-29-05027 офи_м).

Литература

1. *Чалов С. Р., Потемкина Т. Г., Пашкина М. П., Касимов Н. С.*Многолетние изменения баланса взвешенных наносов в дельтах притоков Байкала. Метеорология и гидрология, 2019, № 10, с. 50–59.

2. *Chalov S., Thorslund J., Kasimov N., Nittrouer J., Iliyecheva E., Pietron J., Shinkareva G., Lychagin M., Aybullatov D., Kositsky A., Tarasov M., Akhtman Y., Garmaev E., Karthe D., Jarsjö J.*. The selenga river delta: a geochemical barrier protecting lake baikal waters. Regional Environmental Change, 2016, vol. 17, № 7, p. 2039–2053.

3. *Shinkareva G. L., Lychagin M. Y., Tarasov M. K., Pietroń J., Chichaeva M.A., Chalov S.R.* Biogeochemical specialization of macrophytes and their role as a biofilter in the selenga delta. GEOGRAPHY, ENVIRONMENT, SUSTAINABILITY, 2019, vol. 12, № 3, p. 240–263.

4. *O'Donnell, D. R., P. Wilburn, E. A. Silow, L. Y. Yampolsky, E. Litchman.* Nitrogen and phosphorous colimitation of phytoplankton in Lake Baikal: Insights from a spatial survey and nutrient enrichment experiments. Limnology and Oceanography, 2017, vol. 62, p. 1383– 1392.

5. *Сороковикова Л.М., Томберг И.В., Синюкович В.Н., Моложникова Е.В., Елецкая Е.В.* Фосфор в воде р. Селенги и его поступление в оз. Байкал в условиях низкой водности. География и природные ресурсы, 2018, № 4, с. 88–94.

6. *Azen R., Budescu D. V.* The Dominance Analysis Approach for Comparing Predictors in Multiple Regression. Psychol. Methods, 2003, № 8, p. 129–148.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ АЛЬТИМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДАННЫХ ОБ УРОВНЕ ВОДЫ (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ КОЛЫМА).

Семенова Наталья Кирилловна[1], Фролова Наталья Леонидовна[1], Захарова Елена Анатольевна[2]

[1] *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

[2] *Институт водных проблем РАН, Москва*

Введение

В настоящее время все больше внимания уделяется вопросам, связанным с освоением Арктики, в том числе разнообразных водных объектов. Актуальность исследований связана с происходящими изменениями водного режима арктических рек вследствие климатических причин, ростом антропогенного воздействия. Спутниковые методы являются одним из новых и перспективных способов получения информации о водном режиме рек. Начиная с 2000-х годов, активно развиваются методы расчета расходов воды рек с помощью данных спутниковых альтиметричеких наблюдений за уровнем воды [1, 2, 3]. В данной работе с помощью данных спутников Sentinel3A и Sentinel3B была построена пространственно-временная модель уровня воды для нижнего течения реки Колыма, занимающей 9-ое место среди рек России по объему годового стока, однако малоизученной в силу своей труднодоступности.

Данные и методы

Для исследования были выбраны данные спутников Sentinel-3A и 3B за 2016–2019 гг. Спутники имеют высокую полярную орбиту, покрывающую измерениями всю арктическую зону. Инструмент основан на доплеровском принципе (SAR альтиметрия), который позволяет значительно уменьшить зашумляющее влияние берегов при измерении уровня воды в реках. Частота измерения спутников 22 дня. Расстояние между соседними трэками для широт нижней Колымы колеблется от 6 до 30 км. Исследования начались с расчетов уровня вдоль 400 километрового участка. Было идентифицировано 32 виртуальные станции (пересечения спутников с рекой, рис. 1).

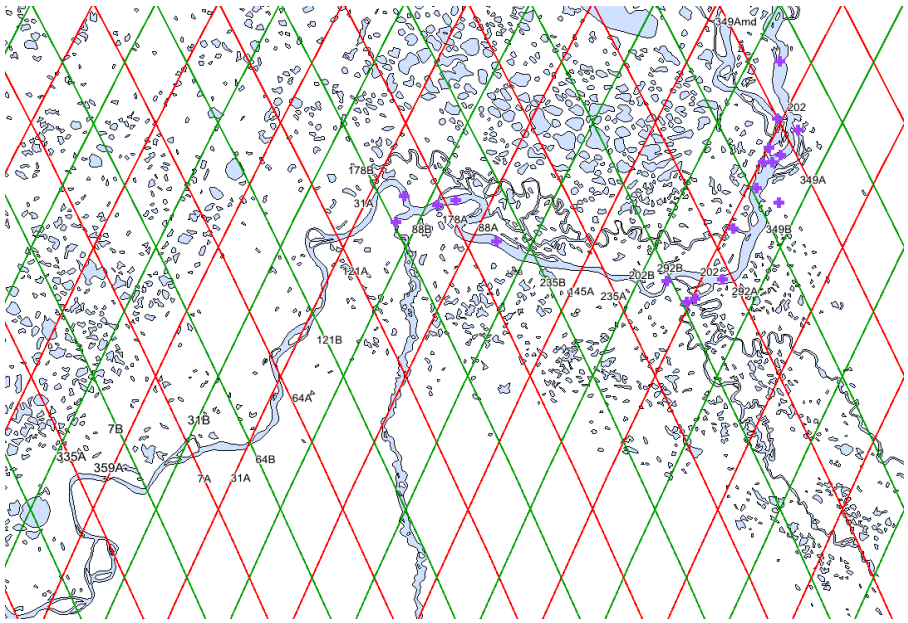


Рис. 1. Карта района исследований на р.Колыма с положением альтиметрических трэков Sentinel3A (красным) и Sentinel 3B (зеленым).

Для каждой станции с периодичностью измерений спутника (22 дня) рассчитан уровень воды по алгоритму, разработанному специально для арктических рек с ледовым покрытием

(рис 2). Из-за сложностей конфигурации берегов реки Колымы (излучины, сужения, высокие правобережные террасы) на отдельных виртуальных станциях временные серии уровня имеют большое количество пропусков или выбросов.

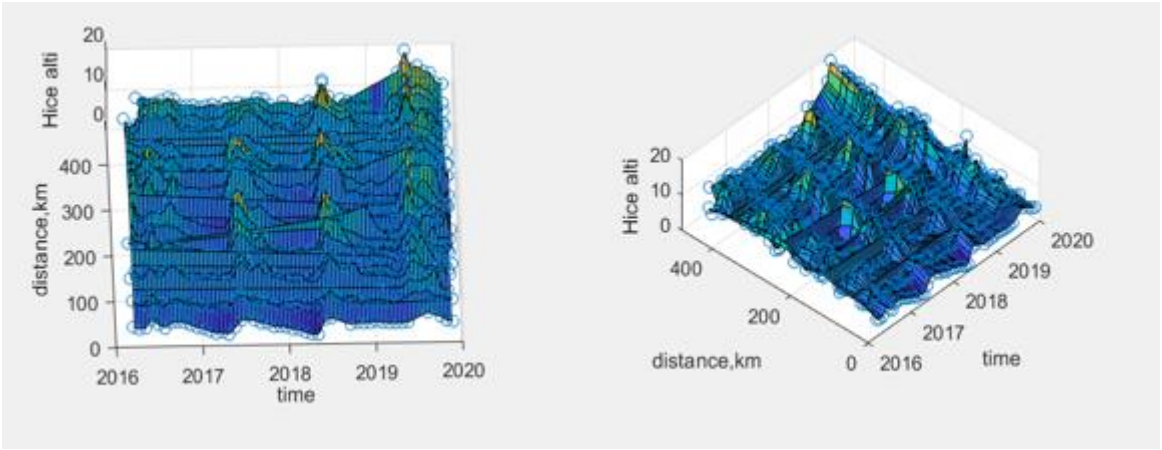


Рис. 2. Линейно-интерполированные альтиметрические уровни воды в нижнем течении р. Колымы в пространственно-временных координатах.

В качестве модели аппроксимации уровней воды по альтиметрическим данным была использована регрессия на основе гауссовских процессов, известная в геостатистике как кригинг (kriging) [4, 5]. Согласно этой модели, интерполированные значения моделируются с помощью гауссовского процесса, полностью определяемым своим математическим ожиданием m(x) и ковариационной функцией k(x, x'). При работе с реальными данными обычно ковариационная функция не известна. В данной работе предполагалось разделение ковариационной функции на пространственную и временную составляющие. Итоговая модель ковариации строилась как произведение этих двух компонент, оптимальные параметры которых оценивались по альтиметрическим данным с помощью метода максимального правдоподобия. На рис. 3 показаны результаты работы кригинга для двух створов: Колымское и Черский.

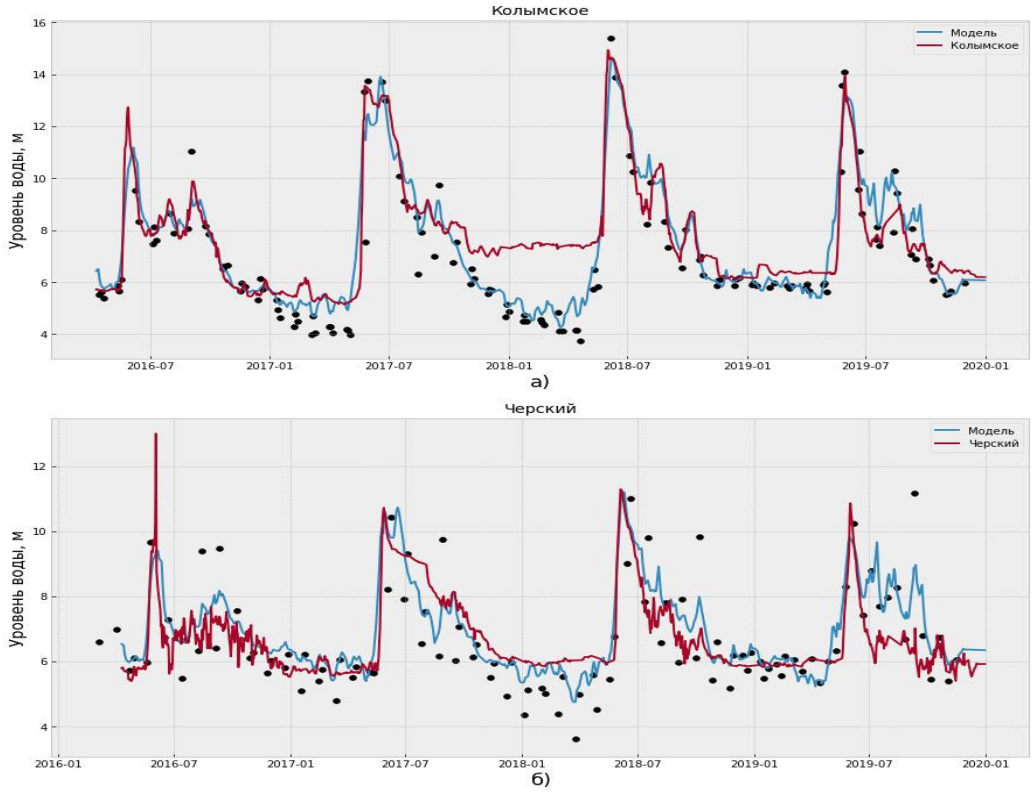


Рис. 3. Ход фактического уровня (красный) и смоделированного уровня (синий) для створов а) Колымское, б) Черский.

Результаты

В результате работы была построена пространственно-временная модель уровня воды, позволяющая вычислить для любых заданных створов на 400 км участке уровень воды. В рамках верификации модели коэффициенты Нэша-Сатклиффа для створов Колымское и Черский составили 0.84 и 0.68 соответственно.

Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №18-05-60021 Арктика.

Список литературы

1. Amazon River discharge estimated from TOPEX/Poseidon altimetry / E. A. Zakharova, A. V. Kouraev, A. Cazenave and F. Seyler // *C.R. Geosci*. — 2006. — 338(3) — P. 188 – 196.
2. Ob' river discharge from TOPEX/Poseidon satellite altimetry (1992–2002) / A. V. Kouraev, E. A. Zakharova, O. Samain, N. Mognard, A. Cazenave // *Remote Sens. Environ.* — 2004. — Vol. 93 — P. 238 – 245.
3. River discharge estimation from radar altimetry: Assessment of satellite performance, river scales and methods / E. A. Zakharova, K. Nielsen, G. Kamenev, A. V. Kouraev // *Journal of Hydrology*. — 2020. — Vol. 583 — 124561.
4. Approximation methods in multidisciplinary analysis and optimization: A panel discussion. / T.W. Simpson, A.J. Booker, S. Ghosh, A. Giunta, P.N. Koch, and R.J. Yang // *Structural and Multidisciplinary Optimization* — 2004. — Vol. 27(5) — C. 302–313.
5. Gaussian process regression for structured data sets / M. Belyaev, E. Burnaev and Y. Kapushev // *Statistical Learning and Data Sciences, Switzerland:Springer* — 2015. — Vol. 9047 — C. 106–115.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ДАННЫХ РЕАНАЛИЗА ERA-5

Григорьев Вадим Юрьевич[1,2], **Фролова Наталья Леонидовна**[1], **Киреева Мария Борисовна**[1], **Степаненко Виктор Михайлович**[1]
[1]*МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва*
[2]*ИВП РАН, Москва*

Введение

Доступность, качество и количество входной метеорологической информации во многом определяют точность гидрологических прогнозов и расчетов. Её отсутствие также препятствует совершенствованию гидрологических моделей, т.к. недостаток информации вынуждает переходить от физически обоснованного описания процесса формирования стока к полуэмпирическим зависимостям. Целью данной работы является оценка точности воспроизведения температуры воздуха (T, °C), дефицита влажности воздуха (D, мбар) и осадков (P, мм) для отдельных пунктов и крупных речных бассейнов по данным сети метеостанций и реанализа ERA-5 на ЕЧР за 1979–2015 гг.

Материалы и методы

ERA-5 представляет собой пятое поколение глобального атмосферного реанализа Европейского центра среднесрочного прогноза погоды (ECMWF), использующего четырехмерную вариационную ассимиляцию *in-situ* и дистанционных наблюдений [Hersbach and Dee, 2017]. Суточные данные по T, D и P были предоставлены ИВП РАН (в свою очередь получены из ВНИИГМИ-МЦД) для 514 метеостанций на территории ЕЧР и 41 метеостанции для сопредельных территорий (рис. 1). Поскольку ERA-5 усваивает данные наземных наблюдений за T и D, при оценки точности воспроизведения T и D часть станций, находящихся в международном обмене, не учитывалась.

Для оценки точности интерполяции ERA-5 и проинтерполированных данных сети метеостанций использовались такие характеристики, как *bias* – величина систематической ошибки, абсолютная и отнесенная к средней величине наблюдаемого параметра, σ – величина среднеквадратической отклонения ошибки, абсолютная и отнесенная к величине среднеквадратического отклонения наблюдаемого параметра. Для T рассчитывались лишь абсолютные величины *bias* и σ, для D и P только относительные. Отметим, что получаемая, после внесения корректировок, на метеостанциях величина P имеет систематически ошибку – величина годовых осадков занижается на 5-10% [Богданова, 2007].

Для сравнения ERA-5 с данными метеостанций, данные ERA-5 линейно интерполировались в местоположения метеостанций, используя библиотеку *xarray* языка программирования Python. Для оценки точности интерполяции данных метеостанций мы сравнивали результаты интерполяции с результатами измерений на метеостанциях.

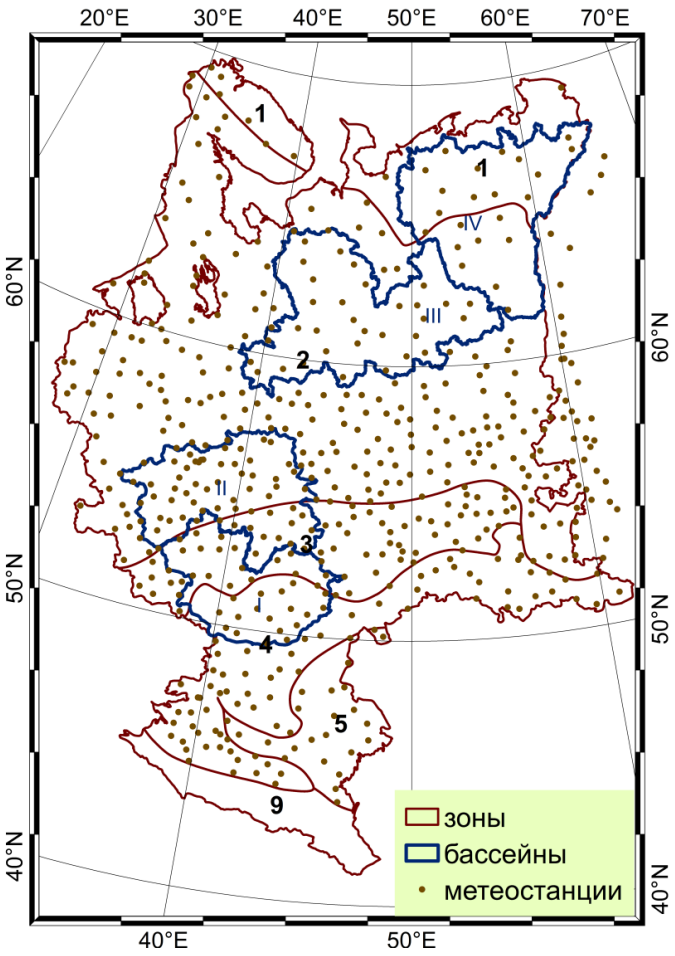


Рисунок 1. Распределение метеорологических станций, природных зон и исследуемых речных бассейнов на ЕЧР. Природные зоны: 1 – тундра, лесотундра; 2 – лесная; 3 – лесостепная; 4 – степная; 5 – сухие степи, полупустыни; 9 – горные районы [Национальный Атлас России]. Речные бассейны: I – Дона (в границах створа х. Беляевский), II – Ока, III – Северная Двина, IV – Печора.

В предположении об изотропности и однородности поля ошибок ERA-5, σ определения среднего за сутки слоя P, средней по территории речного бассейна величины T и D рассчитывалась как

$$\sigma_{\text{бас}} = \sigma \sqrt{\iint r(x_1, x_2) dS_1 dS_2} \Big/ F = \sigma\sqrt{\bar{r}},$$

где dS_1, dS_2 – это элементарные площади в окрестностях точек x_1 и x_2, а $\bar{r}$ - средний коэффициент корреляции между всеми парами точек в бассейне. $\bar{r}$ рассчитывалась на основе пространственно-корреляционной функции ошибок ERA-5, аппроксимированной для T и D линейной функцией и экспоненциальной для P.

Результаты

Результаты сравнения точности архива ERA-5 и сети метеостанций при интерполяции в точку представлены в таблице 1.

Таблица 1. Точность определения температуры (T), дефицита влажности воздуха (D) и осадков (P) при интерполяции данных ERA-5 в местоположение метеостанций, и при интерполяции данных метеостанций в местоположение других метеостанций.

Метеостанции		*T*		*D*		*P*	
Зона	кв-ль	*bias*,°C	σ, °C	*bias*, %	σ, %	*bias*, %	σ, %
Тундра, лесотундра	25%	-0.1	**1.3**	-2.2	23	-0.3	**67**
	50%	**0.3**	**1.4**	**6.1**	25	2.9	**71**
	75%	**0.4**	**1.6**	**11.1**	**30**	7.5	**73**
Лесная	25%	**-0.2**	0.6	-2.6	19	-5.8	61
	50%	0	0.8	**0.9**	21	-0.3	64
	75%	0.2	1.1	**3.5**	25	5.4	67
Лесостепь	25%	**-0.3**	0.6	-4	16	-4.6	61
	50%	0	0.7	-0.6	17	1.5	63
	75%	**0.2**	0.8	**3.1**	19	6.9	65
Степь	25%	**-0.3**	0.6	**-3.9**	16	-3	63
	50%	0	0.7	**-0.6**	17	0.8	66
	75%	**0.2**	1	2.7	19	7	69
Пустынно-степная	25%	**-0.3**	0.6	**-6.3**	17	-0.6	68
	50%	**-0.1**	0.7	**-2.5**	18	1.5	70
	75%	0	0.8	**5.6**	20	9.5	72
ERA-5		*T*		*D*		*P*	
Зона	кв-ль	*bias*, °C	σ, °C	*bias*, %	σ, %	*bias*, %	σ, %
Тундра, лесотундра	25%	-0.2	1.2	-6.9	25	15	62
	50%	0.1	1.3	-1.5	26	19	64
	75%	0.3	1.6	3.7	28	25	67
Лесная	25%	0	0.8	-3.6	22	12	65
	50%	0.1	0.9	-0.6	24	17	66
	75%	0.3	1.1	2.9	26	24	68
Лесостепь	25%	-0.1	0.8	-6.3	20	16	67
	50%	0	0.9	-2.9	21	22	69
	75%	0.2	1	-0.3	23	31	70
Степь	25%	-0.1	0.8	-2.4	19	12	68
	50%	0.1	0.9	0.3	20	18	70
	75%	0.2	1	3.4	22	28	73
Пустынно-степная	25%	0	0.8	-0.2	18	17	72
	50%	0.1	0.8	1.1	18	23	74
	75%	0.2	0.9	4.3	21	28	78

Жирным выделены случаи, для которых реанализ показал большую точность в сравнении с данными метеостанций

Систематическая ошибка интерполяции *T* для более чем 50% пунктов по данным метеостанций и ERA-5 не превышает 0.4°C, а ее медианное значение близко к 0°C. Для *T* по данным ERA-5 отклонение *bias* от нуля менее заметно, хотя в среднем, в пределах 0.1°C, ERA-5 завышает температуру воздуха. Относительная дисперсия температуры *σ(T)* по данным ERA-5 меньше, чем по данным метеостанций только для зоны лесотундры, однако,

именно для этой зоны *σ(T)* максимальна среди других зон. Для остальных зон характерно, что *σ(T)* по данным ERA-5 и сети метеостанций близко для пунктов с наибольшей величиной *σ(T)* (75% квантиль). Систематическая ошибка *D* как и для *T* в среднем меньше для ERA-5, однако, в отличие от *T*, для некоторых зон *bias(D)* по ERA-5 не близок к 0. Так, для зон лесотундры и лесостепей величина *D* реанализом занижается, а для пустынно-степной зоны – завышается. Рассчитанные путем интерполяции данных метеостанций величины *P* имеют заметную систематическую ошибку лишь для зоны лесотундры и полупустынной зоны. ERA-5 систематически завышает слой годовых осадков для всех природных зон на территории ЕЧР, для большей части которых *bias(P)* составляет 10-20%. ERA-5 показывает меньшую (на 9%), по сравнению с метеостанциями, величину *σ(P)* только для зоны лесотундры. Для остальных зон *σ(P)* по данным ERA-5 больше – в среднем на 6.5%.

Наиболее заметно уменьшение σ величин *T*, *D* и *P* при переходе от отдельных точек до всего водосбора наблюдается в бассейне Северной Двины, чья площадь в 1.5–2 раза больше площадей бассейнов Дона и Оки (в выбранных замыкающих створах), а ПКФ ошибок убывает быстрее, чем в бассейне Печоры. За счет этого, при осреднении по площади бассейна, *σ(T)* и *σ(D)* уменьшается в 3.9–4.3 раза, против 3–3.5 раз для других водосборов. Сокращение *σ(P)* сильней, и составляет от 4 раз в бассейне Дона до 4.9 раза в бассейне Северной Двины.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований для севера ЕЧР (проект № 18-05-60021-Арктика), центральной части ЕЧР (проект №20-05-00773) и при поддержке Российского научного фонда для юга ЕЧР (проект № 19-77-10032).

Литература

Богданова Э.Г., Ильин Б.М., Гаврилова С.Ю. Современные методы корректировки измеренных осадков и результаты их применения в полярных регионах России и Северной Америки. Метеорология и гидрология. 2007. № 4. С. 21–44.

Национальный Атлас России. Т. 2. Природа. Экология. — М.: Роскартография, 2007, 495 с.

Hersbach H. and Dee D. ERA5 reanalysis is in production. ECMWF Newsletter, 2016, No. 147, 7.

ВНУТРИГОДОВОЕ И МНОГОЛЕТНЕЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ И ИХ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА.

Василенко Александр Николаевич[1], Магрицкий Дмитрий Владимирович[1], Фролова Наталья Леонидовна[1]

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

Введение

Термический режим рек – один из важных факторов формирования и функционирования речных экосистем, а также важный фактор протекания ряда гидрологических процессов [Hannah et all, 2015]. Прямо или косвенно от температуры воды и теплового стока зависят интенсивность испарения с водной поверхности, величина прогрева грунтов русла, величины коэффициентов динамической и кинематической вязкости. Также от термического режима зависит степень насыщения водных масс реки газами, в первую очередь кислородом, рост и развитие различных гидробионтов. Термический режим рек оказывает влияние на температурный режим устьевых областей рек и термического режима прибрежной зоны морей. Тем не менее, исследованиям термического режима гидрологами уделяется меньшее внимание, в сравнении с другими вопросами современной гидрологии.

В настоящей работе рассматривается распределение характеристик температур воды и теплового стока в реках российской Арктики (севернее 60 с.ш.) в течение года и в многолетнем разрезе. Основную роль в формировании температур воды рек играет температура воздуха, в связи с чем изменения климата, наблюдающиеся в последние десятилетия, отразятся и на температурах воды рек. При этом, не обязательно повышение температур воздуха приводит к росту температур воды, так как климатические изменения приводят и к изменению стока воды. Рост стока воды может приводить и к понижению температур воды. Изменения температур воды в последние десятилетия также отражены в данной работе.

Данные и методы

Сведения о термическом режиме рек получены со 112 гидрологических постов на больших, малых и средних реках. Собранные данные включают в себя информацию о среднемесячных температурах воды, о датах переходов температур воды через 0,2℃ с 1966 г. и о переходах через 10℃ с 1978 г., данные о максимальных годовых температурах воды и о датах их наступления.

Среднемесячные температуры воды определялись как средние арифметические из 3 декад. В случаях, когда в первых или последних декадах наблюдений стояло нулевое значение или пропуск данных, при согласованности с датами переходов через 0,2℃, значение принималось в расчет как 0. Расчет проводился в том числе для случаев, когда средняя температура приводилась только на 1 декаду, даже при малости этой величины (к примеру, 0,1-0,3℃). Средняя температура в этих случаях, зачастую, равна величинам ниже точности измерений, однако, использование этих значений представляется методически верным, так как условия для повышения температур воды выше нулевых значений формируется в конкретном месяце. Пополнение базы данных таковыми значениями показывает, также, более точную продолжительность периода с температурами воды. Данные расчеты согласуются с представлениями о повышении температуры воды в период ледохода и перед вскрытием (за счет поступления талых вод и повышения величин поступающей солнечной радиации) и при замерзании реки (за счет притока не до конца остывших вод и поступления под лед солнечной радиации, а также теплоты, выделяемой при замерзании). Помимо вышесказанного, наблюдения за температурой воды в период вскрытия, очищения весной и замерзания осенью не проводится и учет значений одной декады позволяет учесть термические состояния реки на этапах вскрытия и замерзания.

Данные о термическом режиме охватывают период с 1960 по 2018 год. На момент написания данной работы 2018 год был последним опубликованным ВНИИГМИ-МЦД. Для ряда постов последний год пришелся на период с 2011 по 2017 (34 гидрологических поста).

Удобно для сравнения рек различных территорий, и общих оценок термического режима использовать среднюю температуру воды за определенный период. Общепринято использовать период с мая по октябрь. Для северо-востока принято использовать температуру за период с июня по сентябрь.

При удобстве данного подхода, период с положительными температурами воды на многих реках севера ЕТР, а в отдельные годы на реках всей рассматриваемой территории, оказывается дольше. На реках восточнее бассейна р. Мезени данный период короче. При расчете средних температур воды за май-сентябрь таким образом, возникает искажение общей картины термической ситуации в конкретный год. В настоящее время также наблюдается постепенное удлинение периода с температурами воды выше 0°С.

Предлагается для характеристики годовой термической обстановки использовать среднюю температуру теплого периода года. Под теплым периодом понимается период с момента переходов температур воды через 0°С весной (или летом) до перехода температур воды через 0°С осенью. В рамках рассмотрения среднемесячных значений температур под теплым периодом понимается ряд месяцев со средними температурами выше нуля. Использование средней температуры теплого периода (СТТП) позволяет более точно охарактеризовать годовою термическую обстановку на реке. Очевидным недостатком такой характеристики является неудобство в сравнении рек различных территорий между собой в связи с разной продолжительностью теплого периода на реках разных районов арктической зоны. Поэтому, данная характеристика должна рассматриваться вместе с характеристиками продолжительности теплого периода, либо вместе с характеристиками отдельных переходных, весенне-летних месяцев, либо в соотношении со средними температурами воды отдельных периодов установленной продолжительности, к примеру – общепринятого, с мая по сентябрь. Тем не менее, в условиях удлинения периода с положительными температурами, удлинения безледного периода [Vasilenko et all, 2019] введение данной характеристики и исследование ее пространственно-временного распределения может являться базой для будущих оценок влияния изменений климата на термический режим рек.

Для всех рядов определялись величины среднего арифметического и ошибки его вычисления, дисперсии, среднего квадратического отклонения, коэффициента асимметрии и ошибки его вычисления, величины тренда по критерию Спирмена на уровне значимости α=0,05. Также определялась однородность рядов данных с использованием непараметрического критерия Манна-Уитни (U-тест) – одного из самых надежных критериев однородности рядов, в-особенности, при небольшой длине одной из проверяемых групп. В качестве периодов для сравнения были использованы средние величины за периоды 1961-1990 и 1991-2018 гг. Надежность нарушений однородности определялась на уровне α=0,05.

Результаты. Среднемноголетнее пространственно-временное распределение температур воды в реках российской Арктики

Средние температуры воды в реках в течение года варьируют в пределах от 0 до 30°С. Средние температуры воды за период с мая по октябрь (1960-2018) изменяются в пределах от 1,2°С до 26°С. Наименьшие значения характерны для малых рек Чукотки, наибольшие для средних рек севера ЕТР и правобережья р. Обь.

На 76% гидрологических постов в рядах средней за май-октябрь температуры воды за период с 1960 по 2018 гг. выявлены значимые положительные тренды (по критерию Спирмена). На 66% гидрологических постов выявлено нарушение однородности рядов средней за период с мая по октябрь температуры воды в периоды 1961-1990 гг. и 1991-2018 гг. (U-test).

В период 1991-2018 гг. средняя температура воды за май-октябрь выросла в среднем по территории на 0,6°С по сравнению с периодом 1961-1990 гг. Размах изменений составляет от -0,5°С до 1,9°С. Причем на 69% постов изменения больше, чем ошибки расчета средних как

по отдельным вышеуказанным периодам, так и по всему ряду. Величина изменений на постах со значимым отрицательным трендом составляет от -0,5 до -0,3°С.

В вычисленных рядах средней температуры воды за теплый период года за период с 1960 по 2018 гг. значимый положительный тренд выявлен на 28% постов. На 18% гидрологических постов выявлено нарушение однородности рядов средней за период с мая по октябрь температуры воды в периоды 1961-1990 гг. и 1991-2018 гг. (U-test). В период 1991-2018 гг. средняя температура воды за теплый период года выросла в среднем по территории на 0,1°С по сравнению с периодом 1961-1990 гг. Размах изменений составляет от -0,7°С до 0,7°С. Причем на 15% постов значимые изменения больше, чем ошибки расчета средних как по отдельным вышеуказанным периодам, так и по всему ряду. Величина изменений на постах со значимым отрицательным трендом составляет от -0,7 до -0,1°С.

Таким образом, исключение из рассмотрения при определении годовых характеристик температур воды нулевых значений и изменение продолжительности периода осреднения приводит к снижению величины и значимости наблюдаемых изменений.

Обобщенные характеристики температур воды в реках всей рассматриваемой территории представлен в таблице 1.

Таблица 1. Обобщенные характеристики температур воды в реках российской Арктики

Период осреднения	Средняя температура воды	Среднее квадратическое отклонение температуры воды	Количество постов с выявленным значимым трендом по Спирмену, %	Изменения средних температур воды за период 1991-2018 гг. по сравнению с 1961-1990 гг.	Количество гидрологических постов со значимыми отрицательными трендами по Спирмену
Май-сентябрь	7,7	1,07	76	0,6	2
Теплый период года	7,8	1,0	28	0,1	5
Апрель	0,05	0,08	18	0,2	1
Май	1,75	1,13	69	0,6	0
Июнь	9,53	2,2	50	1,2	0
Июль	14,75	1,93	17	0,53	0
Август	11,6	1,55	28	0,51	0
Сентябрь	7,2	1,38	37	0,51	0
Октябрь	1,25	0,84	50	0,46	2
Ноябрь	0,06	0,11	22	0	0

Для анализа пространственных изменений температурного режима рек были выделены следующие районы, сходные с гидрографическими единицами «Государственного водного кадастра СССР».

Характеристики среднемноголетних температур воды (1960-2018 гг.) по выделенным районам представлен в таблице 2.

Таблица 2. Обобщенные характеристики температур воды в реках российской Арктики

	V-X	WP	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Кольский	8,49	7,36	0,19	2,9	10,1	14,4	13,1	8,0	2,5	0,18
Север	9,32	8,62	0,10	3,2	11,3	16,9	14,1	8,2	2,4	0,14
Север Западной Сибири	8,34	8,60	0,02	1,5	9,6	16,4	13,6	7,2	1,2	0,00
г/п Обь-Салехард	8,28	8,26	0,00	0,36	8,13	16,26	14,79	8,20	1,64	0,03
Бассейн Енисея	8,52	8,55	0,09	1,9	10,5	16,5	14,1	7,2	1,0	0,01
г/п Енисей-Игарка	8,0	9,1	0 0	0,1	6,2	16,4	16,0	8,0	1,6	0,0
Север Якутии и Красноярско края	6,66	7,79	0,00	0,4	8,6	14,2	11,8	4,9	0,1	0,00
Перемерзающие Север Якутии и Красноярско края	6,02	6,82	0,00	0,8	8,6	12,3	4,1	10,0	0,2	0,00
г/п Лена-Кюсюр	6,47	7,26	0,00	0,09	5,17	14,18	12,82	6,05	0,49	0,00
Бассейн Колымы и Чукотка	6,31	6,64	0,01	0,9	8,6	12,5	10,3	5,1	0,6	0,01
Перемерзающие и пеерсыхающие в бассейне Колымы и на Чукотке	4,50	4,80	0,00	0,7	5,9	8,8	3,5	7,2	0,6	0,01

Наиболее теплыми регионами являются Север и Кольский. Наблюдается уменьшение как годовых характеристик температур воды, так и среднемесячных температур воды в реках с запада на восток. В годовых характеристиках отмечаются пониженные на 1-2°С температуры воды на перемерзающих и пересыхающих реках, что обусловлено низкими температурами грунтовых вод в районах распространения многолетнемерзлых пород, где находятся данные речные участки. Годовые характеристики температур воды в низовьях рр. Обь и Енисей несколько выше, чем на реках соответствующих районов, что связано с притоком более прогретых вод с южных частей русловой сети. На р. Лене данные характеристики ниже, чем в соответствующем районе, что связано с большим количеством холодных притоков реки, берущих начало в горах и протекающих по зонам сплошного распространения многолетнемерзлых пород, а также с затратами тепла вод р. Лена на таяние многолетнемерзлых пород в русле реки.

Заключение

На основании изученных данных видно, что большая часть изменений температур воды в реках происходит в мае, июне и октябре. Минимальны изменения в самые теплые месяцы июль и август. При этом значимые тренды потепления выявлены на большинстве рассматриваемых рек.

Минимальные изменения температур воды за период климатических изменений наблюдаются в июле по всей рассматриваемой территории и максимальные изменения в большинстве регионов изменения в июне, августе и сентябре. При этом изменения максимальны на крупнейших реках территории. Изменения на перемерзающих реках меньшие, чем на реках соответствующего района. Наблюдаются также меньшие изменения на реках восточнее Енисея.

Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований – проект № 18-05-60021-Арктика.

Список литературы

Vasilenko A. N., Agafonova S. A., Frolova N. L. Ice regime of rivers of the arctic zone of russia in modern and future climate conditions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2019. — Vol. 263. — P. 1–7. doi: 10.1088/1755-1315/263/1/012004

Hannah D.M., Garner G. River water temperature in the United Kingdom: changes over the 20th century and possible changes over the 21st century // Prog. Phys. Geogr. 2015. No. 39. P. 68–92.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА КАСПИЙСКОГО МОРЯ ДО КОНЦА 21 ВЕКА ПО КЛИМАТИЧЕСКИМ СЦЕНАРИЯМ

Наурозбаева Жанар Куанышевна, Лобанов Владимир Алексеевич
Российский Государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия
РГП «Казгидромет», Алматы, Казахстан

В работе проведены исследования климатических изменений на основе сценариев и моделей климата, с дальнейшей оценкой будущих характеристик ледового режима Каспийского моря. Дана оценка изменениям максимальной толщины льда на море до конца 21 века, а также пространственное распределение ледового покрова, повторяемость зимних периодов с отсутствием устойчивого ледового покрова. Для выполнения поставленных задач, были построены эмпирические зависимости между максимальной толщиной льда и температурой зимнего периода. Из существующих моделей климата выбраны наиболее подходящие для исследуемого региона и осуществлена корректировка сценарных температур воздуха на локальные климатические особенности. По результатам исследований сделаны выводы о сохранении устойчивого ледового покрова к концу 2100 года лишь на северо-восточной части моря, зимние периоды в основном будут мягкими и очень мягкими, граница кромки льда сместится на север и будет проходить по линии о.Тюлений – Форт Шевченко.
Ключевые слова: Каспийское море, ледовый режим, сценарии и модели климата, уменьшение толщины льда.

Цель работы, исходная информация и метод исследования

Современное изменение климата существенно влияет на многие характеристики окружающей среды, включая и ледовый режим морей и рек. В предыдущих работах авторов [1, 3] показано, что максимальная толщина льда в 1980х годах уменьшилась на всем Северном Каспии, но в разной степени. Целью работы является оценка будущего ледового режима Каспийского моря до конца 21 века на основе климатических моделей и их проекций. В качестве исходных данных рассматривалась информация о многолетних наблюдениях за среднемесячной температурой воздуха на 29 метеостанциях и постах в районе северной и центральной частей Каспийского моря, в 8 пунктах наблюдений за ледовым режимом на акватории моря и в одном пункте в дельте Волги (Астрахань), как показано на рис.1.



Рис. 1. Расположение станций и постов в Прикаспийском регионе

Выбор эффективной климатической модели

Разработано около 50 физико-математических моделей, которые включают в себя не только атмосферу и океан, но и все остальные составляющие климатической системы, а также учитывают химический состав атмосферы, взаимодействия между стратосферой и атмосферой и многие другие особенности, что выводит эти модели на уровень моделей системы планета Земля [2, 8]. Благодаря международному проекту CMIP5, результаты экспериментов по моделям климата стали унифицированы и находятся в свободном доступе в интернете [4-7]. В настоящей работе были использованы результаты экспериментов по следующим 10 климатическим моделям:

1. Модель пекинского климатического центра, Китай (Beijing Climate Centre, China, BCC Model).
2. Модель канадского центра моделирования и анализа климата с разрешением T63 (Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, CanESM2, CGCM3.1 Model, T63 resolution).
3. Модель национального центра атмосферных исследований CCSM3.0, США (National Center for Atmospheric Research, CCSM3.0).
4. Модель центра метеорологических национальных исследований, Франция (Meteo-France, Centre National de Recherches Meteorologiques, CNRM, CM3 Model).
5. Модель центра атмосферных исследований Австралии версии Mk3.5 (CSIRO Atmospheric Research, Australia).
6. Модель HadCM3 Хэдли центра прогноза климата, Великобритания (Hadley Centre for Climate Prediction, Met Office, UK, HadCM3 Model).
7. Модель института вычислительной математики РАН, Россия (Institute for Numerical Mathematics, Russia, INM CM4.0 Model).
8. Модель института Макса Планка, Германия (Max Planck Institute for Meteorology, Germany, ECHAM5 / MPI OM).
9. Японская модель MIROC3.2 с высоким разрешением (CCSR/NIES/FRCGC, Japan, MIROC3.2, high resolution), MIROCESM.
10. Французская модель CM4 V1 института Лапласа (IPSL/LMD/LSCE, France, CM4 V1).

Оценка эффективности и выбора наиболее подходящей климатической модели для Прикаспийского региона осуществлялась на основе сопоставления средних многолетних наблюденных и смоделированных температур.

Модели систематически завышают среднюю температуру воздуха от 3°С и почти до 12°С, превышая, иногда и в несколько раз, естественную изменчивость, которая в среднем равна 3,2°С. Завышение температуры воздуха моделями климата обусловлено тем, что они плохо учитывают локальные условия или подсеточные процессы, связанные в данных условиях с большим выхолаживание прикаспийских степей и сильными ветрами.

Для трех выбранных наиболее эффективных моделей климата (Hadley, INM и CNRM) были рассчитаны сценарные значения средних многолетних температур трех зимних месяцев для трех 30-летних периодов 21 века: 2011-2040гг., 2041-2070 гг. и 2071-2100 гг. и для трех основных сценариев RCP 2.6, RCP 4.5 и RCP 8.5.

Для примера на рисунке 2 показаны сравнения современного температурного режима за период 1981-2010 гг. и сценарного 2071-2100 гг. для модели Hadley.

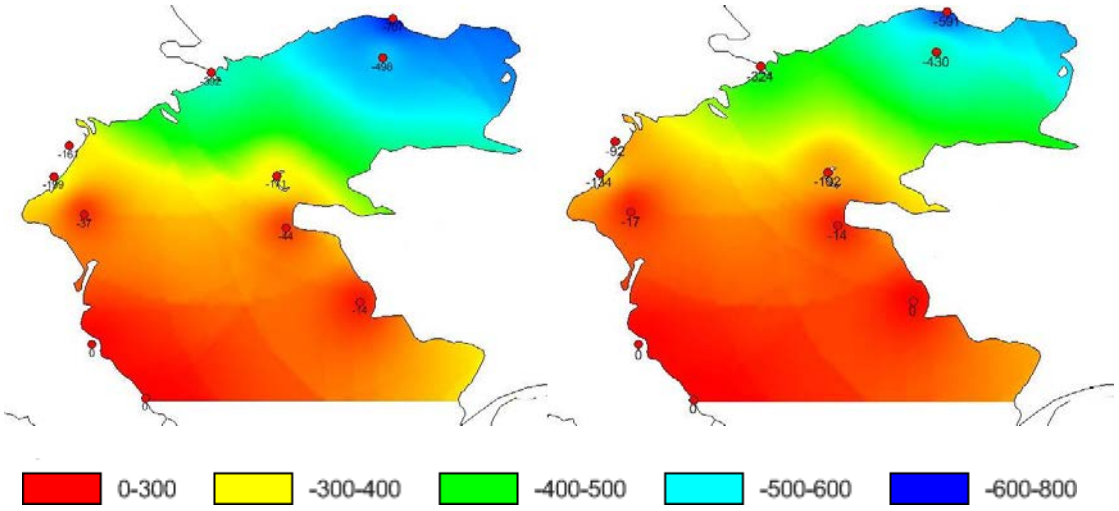


Рис. 2 Пространственные распределения сумм отрицательных температур воздуха за зимний период на акватории Каспия по модели Hadley и сценарию RCP 4.5 за периоды: 1981-2010 (слева) и 2071-2100 (справа).

Области с суммами температур менее –500°С к концу 21 века уменьшатся более чем в 2 раза, умеренные зимы будут наблюдаться только в северо-восточной части моря. На остальной территории будут преобладать мягкие и очень мягкие зимы.

Согласно оценки будущих максимальных толщин льда, устойчивый лед толще 20 см сохраниться только на крайнем северо-востоке моря. Также интересно отметить, что граница безледных условий, которая сейчас находится даже южнее Актау, в последней трети 21 века существенно сместится на север и будет на линии о.Тюлений – Форт Шевченко.

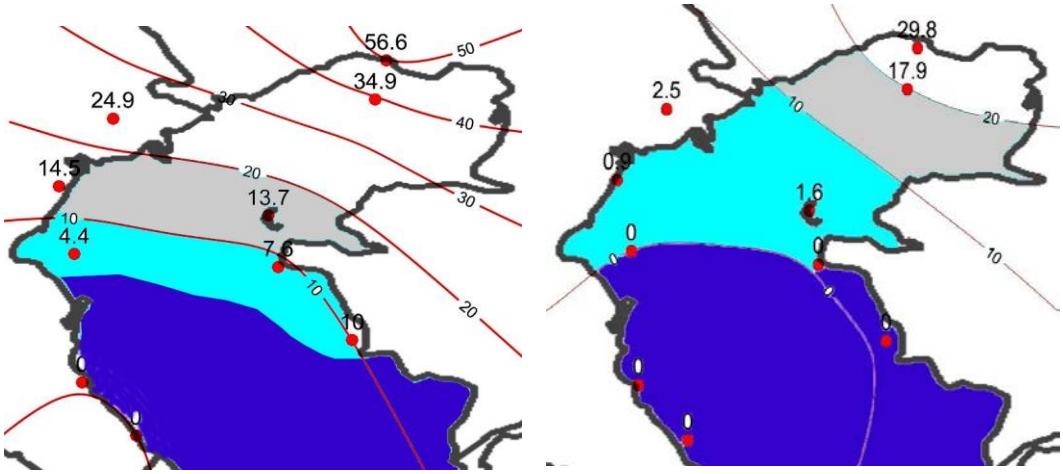


Рис. 3. Пространственное распределение средней толщины льда в период 1981-2010 гг. и 2071-2100 гг. по модели INM и сценарию RCP 4.5.

В целом по моделям INM и CNRM получены близкие результаты, а модель Hadley показывает более медленное уменьшение толщины льда. Так для северо-западных станций (Астрахань, Лагань, о.Тюлений) по моделям INM и CNRM уменьшение средней максимальной толщины льда за будущий период составляет 10–15 см до отсутствия ледостава уже к середине столетия. В тоже время модель Hadley дает уменьшение максимальной толщины льда всего на 1–4 см. Для северо-восточных станций (Пешной, Жанбай, Атырау) по моделям INM и CNRM уменьшение составляет до 16 см, а по модели Hadley всего 3-5см.

Еще одна задача, которая решалась на основе рассчитанных будущих сценарных максимальных толщин льда была оценка вероятности зим будущего периода без устойчивого ледового покрова или расчет вероятности максимальной толщины льда равной нулю.

Из результатов число лет на которые приходится 1 случай безледных условий в будущем закономерно уменьшается. Особенно наглядно это проявляется для северо-восточных станциях. Например, в Пешном число лет уменьшается с 50 до 5 к концу 21 века, т.е. вероятность безледных условий возрастает в 10 раз по модели INM.

Заключение

1. На основе выбраных наиболее эффективных моделей климата (английская Hadley, российская INM и французская CNRM) откорректированны и получены карты изотерм будущих температур, которые показывают, что для среднего сценария RCP 4.5 площадь области с суммами температур менее -500°C к концу 21 века уменьшится более чем в 2 раза и умеренные зимы будут наблюдаться только в северо-восточной части моря.
2. Уменьшение рассчитанных по эмпирическим зависимостям сценарных максимальных толщин льда составит 10–15 см, что приводит к отсутствию ледостава уже к середине столетия по моделям INM и CNRM.
3. Граница кромки льда существенно сместится на север и будет на линии о. Тюлений – Форт- Шевченко.
4. Повторяемость безледных зимних периодов существенно увеличится

Список литературы

1. *Лобанов В.А., Наурозбаева Ж.К.* Климатические изменения толщины льда на Северном Каспии. Ученые записки РГГМУ. № 53. 2018. с.172-187.
2. *Лобанов В.А., Кандове А.Л., Шукри О.А.А.* Методические указания по выполнению лабораторной работы: «Сценарные оценки будущего климата на основе моделей общей циркуляции атмосферы и океана и данных проекта CMIP5» Санкт-Петербург, издание РГГМУ. 2015. 46 с.
3. *Наурозбаева Ж.К., Лобанов В.А*. Особенности климатических изменений в Прикаспийском регионе и их влияние на ледовый режим. Труды III Всероссийской конференции «Гидрометеорология и экология. Достижения и перспективы развития» Санкт-Петербург, 18-19 декабря 2019 г. с.647-651.
4. About the WCRP CMIP5 Multi-Model Dataset Archive at PCMDI: http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/about_ipcc.php
5. About the WCRP CMIP5 Multi-Model Dataset Archive at PCMDI: http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/about_ipcc.php
6. .Atmospheric Model Intercomparison Project: http://www-pcmdi.llnl.gov/projects/amip/index.php
7. *Gates W.L.*, 1992: AMIP: The Atmospheric Model Intercomparison Project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 73, p. 1962-1970.
8. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change: Climate Change). 2013. The physical science basis. In Contribution of Working Group I to the Firth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, Alexander Nauels, Yu Xia, Vincent Bex, Pauline M. Midgley (eds). Cambridge University Press: Cambridge. 1552 p.

ВЛИЯНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХ НА ТОЛЩИНУ НАМЕРЗНАНИЯ ЛЬДА ВБЛИЗИ ЯКУТСКА

Фролов Денис Максимович[1]
[1] *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Введение

Ледяные заторы происходят на реках из-за их широтной протяженности, неодновременного вскрытия ледяного покрова и заполнения поперечного сечения реки льдом. Определяющим фактором образования ледовых заторов является толщина льда на водотоке в конце зимнего сезона. Эта толщина льда может быть определена тепловым режимом зимнего сезона и особенностями режима накопления снежного покрова [Быдин, 1933]. Случаи ледовых заторов типичны для рек, где вскрытие льда происходит как разрушение относительно крепкого ледяного покрова силой течения и это имеет место, когда половодье начинается с верхней части бассейна. Это особенно возможно для таких крупных рек, протекающих с юга на север, как Лена, Енисей, Иртыш, Печора и Северная Двина. Механизм формирования ледяного покрова и возникновения заторов изложен в монографии Р.В Донченко «Ледовый режим рек СССР» [Донченко, 1987]. В нашем случае расчетная схема толщины льда была построена на основе задачи теплопроводности двухслойной среды (снежный покров, лед) с фазовым переходом на границе льда и незамерзшей воды. Уравнение теплового баланса включало энергию фазового перехода, приток тепла от незамерзшей воды и отток через ледяной и снежный покров в атмосферу. Тепловой поток рассчитывался на основе закона Фурье как произведение теплопроводности и градиента температуры. Предполагалось, что температура изменяется в каждой из сред линейно. Для снежного покрова и льда использовалась формула теплопроводности двухслойной среды.

Данные и методы

По данным о толщине снежного покрова и температуре воздуха на метеостанции г. Якутска [http://meteo.ru/] и согласно описанному в книге у А.Н. Чижова «Формирование ледяного покрова и пространственное распределение его толщины» [Чижов, 1990] уравнению произведены расчёты динамики толщины ледяного покрова для р. Лены вблизи г. Якутска за зимние сезоны 1980-2019. Также произведено сравнение расчётных максимальных значений толщины льда на этом наблюдательном пункте за эти зимние сезоны с имеемыми на сайте АИС ГВМО фактическими данными. При этом коэффициент корреляции расчётных и фактических данных для максимальной толщины льда за эти зимние сезоны имел значение равное 0,7. Использованная расчётная схема динамики нарастания льда строилась на базе уравнения теплового баланса, учитывая фазовый переход на границе воды и льда и отток тепла от границы фазового перехода через лёд и снежный покров в атмосферу. Этот отток тепла в атмосферу вычислялся по закону Фурье с учётом формулы теплопроводности для комбинации двух сред: снежного покрова и льда. При этом предполагалось, что температура в каждой из сред изменялась по линейному закону. Полученное обыкновенное дифференциальное уравнение аппроксимировалось и решалось явным численным методом Эйлера.

Расчет намерзания льда, на основе данных о температуре воздуха и толщине и теплопроводности снежного покрова в течение зимнего периода позволял оценить интенсивность движения фронта намерзания в этот период времени. Зависимость скорости движения фронта намерзания находилась по расчетной схеме. Схема учитывала намерзание

льда снизу на массиве ледяного покрова в зимний период на основе данных о ежедневной температуре воздуха (и толщине и теплопроводности снежного покрова). Уравнение теплового баланса записывалось как:

$F_1 = L\rho V = L\,\rho\, dh_{ice}/d\tau$

или как:

$dh_{ice}/d\tau = V = F_1/\rho L$, где:

F_1 - отток тепла через лёд (и снежный покров) от фронта промерзания (Вт/м^2) в атмосферу;

ρ – плотность льда (916 кг/м3), L - энергия фазового перехода (335 кДж/кг);

$V = dh_{ice}/d\tau$ - скорость движения фронта промерзания (м/с);

$\rho\, L\, V = \rho\, L\, dh_{ice}/d\tau$ - расход тепла на фазовый переход;

Тепловой поток от фронта промерзания через лёд в атмосферу в случае наличия снежного покрова выражается согласно закону Фурье через теплопроводность и тепловой поток комбинации из двух сред (снежный покров и лёд) согласно данным справочника [Михеев, 1977] как:

$$F_1 = -\lambda \frac{\Delta T}{\Delta x} = \frac{-\Delta T}{\frac{\Delta x_c}{\lambda_c} + \frac{\Delta x_{ice}}{\lambda_{ice}}} = \frac{-T_{возд}}{\frac{h_c}{\lambda_c} + \frac{h_{ice}}{\lambda_{ice}}}$$

Здесь $T_{возд}$ – температура воздуха, h_c и h_{ice} – толщина снега и льда, а λ_c и λ_{ice} – теплопроводность снега и льда принятая равной 0,3 and 2,3 Вт/м °C соответственно. Причём в, случае отсутствия снежного покрова ($h_c = 0$) предыдущее выражение превращается в:

$$F_1 = -\lambda \frac{\Delta T}{\Delta x} = \lambda_{ice} \frac{-T_{возд}}{h_{ice}}$$

Заключение

Была построена разностная схема посредством аппроксимации выведенного дифференциального уравнения по времени первого порядка для изменения толщины намерзания льда явным методом Эйлера: $h_{ice}(t_{n+1}) = h_{ice}(t_n) + \Delta t\ V(t_n)$. По полученной разностной схеме для каждого зимнего сезона 1980/81-2018/19 были произведены расчёты изменения толщины намерзания льда (рисунок 1) и сравнение полученных результатов расчётов с данными фактических наблюдений АИС ГВМО для каждого зимнего сезона. Пример такого сопоставления показан на рисунке 2.

Расчетная схема является хорошо физически обоснованной. Решение отражает сущность процесса, однако для правильной работы вычислительного процесса требуется корректное задание начальных данных.

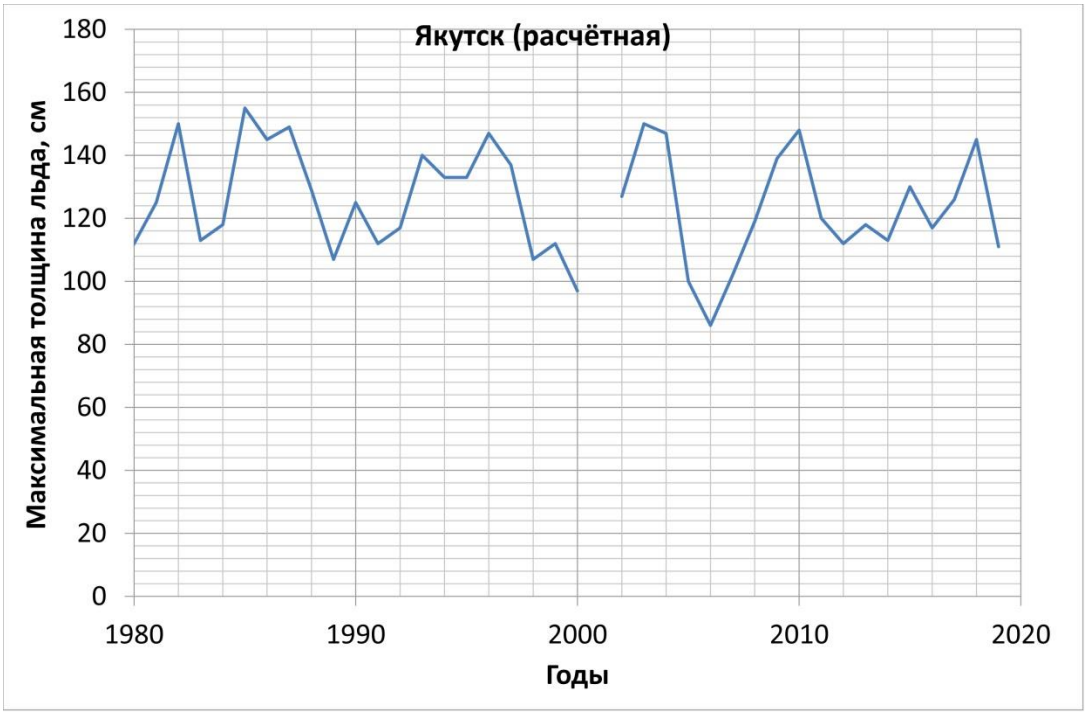


Рис 1. Изменения максимальной расчётной толщины намерзания льда для гидрологической станции г. Якутска на реке Лена за зимние сезоны 1980/81-2018/19.

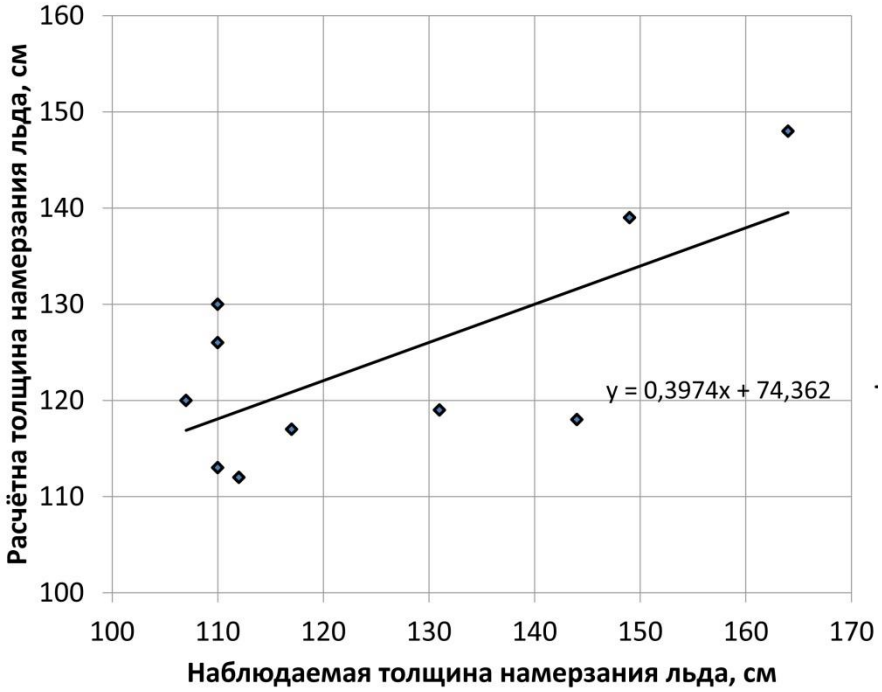


Рис 2. Соотношение (корреляция, регрессионный анализ) изменения наблюдаемой и расчётной максимально толщины намерзания льда для гидрологической станции г. Якутска на реке Лена.

Работа выполнена по ГЗ АААА-А16-116032810093-2 по теме 1.7 «Картографирование, моделирование и оценка риска опасных природных процессов».

Список литературы

Быдин Ф.И. Зимний режим рек и методы его изучения. Исследование рек СССР. – Л.: Изд. ГГИ, 1933. – 237 с.

Донченко Р.В. Ледовый режим рек СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 246 с.

Михеев М.А. Основы теплопередачи. Изд. 2-е / М.А. Михеев, И.М. Михеева. М., Энергия, 1977, 344 с.

Павлов А.В. Теплофизика ландшафтов. Новосибирск, «Наука», 1979. 284 с.

Семенов В.А., Гниломедов Е.В., Сулугашвили Р.С. и др. География распределения и генезис климатообусловленных изменений экстремальных расходов воды, опасных наводнений и маловодий на реках России / // Труды ВНИИГМИ-МЦД. — Т. 179. — Обнинск, 2015. — С. 108–120.

Чижов А.Н. Формирование ледяного покрова и пространственное распределение его толщины - Ленинград, Метеоиздат, 1990.

http://meteo.ru/

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ЗИМНЕГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПРИЛИВНОГО УСТЬЯ Р. ВАРЗУГИ

Авторы: Ахмерова Н.Д.[1], Крастынь Е.А.[1], Куликова Ж.М.[1], Мигунов Д.А.[1], Панченко Е.Д. [1], Горин С.Л.[2], Терский П.Н.[1]

[1] Московской Государственный Университет им. М.В. Ломоносова

[2]ФГУП ВНИРО, Москва

Введение

В работе освещаются основные закономерности зимнего гидрологического режима приливного устья р. Варзуги (Терский берег Белого моря). Сведения были получены в ходе полевых наблюдений, выполненных в рамках экспедиции кафедры гидрологии суши Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, ФГУП ВНИРО и ФГБУ «ГОИН», проходившей с 28 января по 2 февраля 2020 г. Устьевой режим Варзуги подвергается заметному влиянию Белого моря, выражающемуся в изменении уровней, расходов воды, скоростей и направления течения, характеристик ледяного покрова и гидрохимических характеристик. Во время проведения исследований было установлено, что дальность распространения прилива составляет 20 км, а осолоненных – 7,5 км. Также были получены сведения об их связях с приливами на морском побережье по величине и времени.

Характеристика объекта исследования

Река Варзуга - крупнейшая река Кольского полуострова. Ее протяженность составляет 254 км, площадь водосбора в устье равна 9840 км^2. На устьевом участке Варзуги в нее впадает два притока: р. Кица и р. Кимокша. Среднегодовой расход воды в 23 км выше устья (с. Варзуга) – 83,6 м^3/с [https://gmvo.skniivh.ru], в устье Кицы (рассчитанный по аналогу) – 17,7 м^3/с. Устьевая область Варзуги сочетает в себе черты простой, с открытым взморьем и эстуарной, с полузакрытым взморьем. Устьевой участок имеет протяженность около 20 км. В летнюю межень распространение приливных колебаний уровней воды составляет порядка 18 км, обратные течения зафиксированы в 7 км выше устьевого створа. В 4,6 км выше устья в малую воду в поверхностном слое вода пресная, а в прилив – соленая. [Крыленко, Липка, 2018]

Регулярные сетевые наблюдения за гидрологическим режимом реки Варзуги ведутся на посте Росгидромета — с. Варзуга: измеряются расходы, уровни и температура воды, ведутся наблюдения за толщиной льда и ледовыми условиями. Наблюдения за уровнем прибрежной части Белого моря ведутся только на морском посту гидрометеорологической станции «Умба», оснащенном мареографом. Ближайшие морские посты – Кашкаранцы и Чаваньга проводят лишь метеорологические наблюдения. [Крыленко, Липка, 2018]

Методы исследования

Полевые работы в устьевой области Варзуги охватывали целиком устьевой участок реки (20 км от устьевого створа), а также небольшой участок устьевого взморья (рис. 1).

Для исследования гидродинамического режима устьевого участка велись наблюдения за уровнями воды, скоростями течения, расходами воды, солёностью, температурой и гидрохимическим составом воды и льда. Каждая из характеристик наблюдалась с точной пространственной и временной привязкой.

Уровень воды регистрировался в нескольких точках на разном удалении от устьевого створа с помощью автономных записывающих устройств – регистраторов уровня воды Solinst Levelogger Edge M5-M10 model 3001 и Keller DCX-22, интервал записи составлял 5 минут. Для

привязки уровней воды к Балтийской системе высот использовались приемники глобальной навигационной спутниковой системы Javad Triumph-1, Javad VS, EFT M4, а также нивелир Sokkia B40.

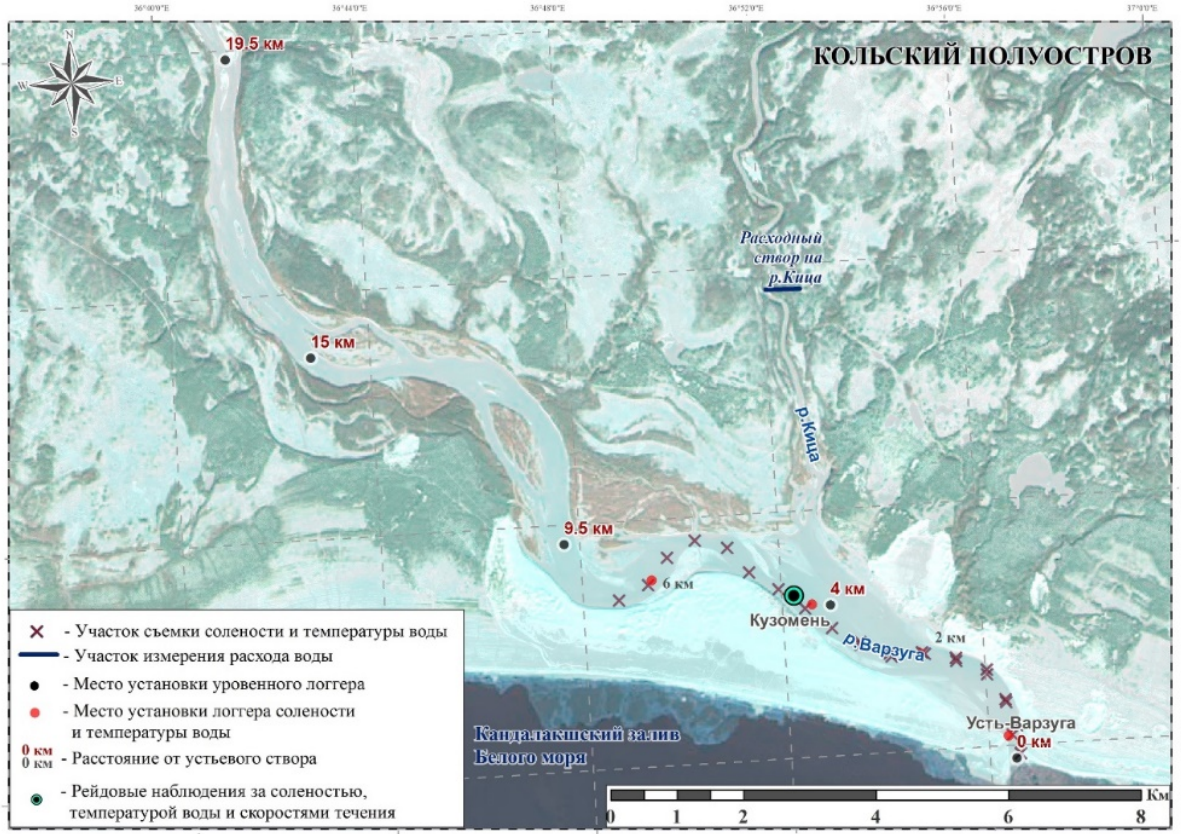


Рисунок 1 – Схема работ на устьевом участке Варзуги

Скорости течения наблюдались, по возможности, в течение всего приливного цикла (12,5 часов в условиях полусуточного прилива). Для измерения использовался акустический доплеровский профилограф течений марки Teledyne RD Instruments (модель «RiverRay») (диапазон измеряемых скоростей течения 0,03 – 4 м/с с погрешностью 0,003 м/с) и измеритель течений Valeport 106. Пространственная привязка створов и точек вертикалей осуществлялась с помощью портативных GPS-навигаторов Garmin с точностью до 5-7 м в географической системе координат WGS 84. С помощью Valeport 106 был также измерен речной расход реки Кицы выше участка проникновения приливов для оценки ее вклада в сток Варзуги.

Измерения температуры и солености воды производились с помощью проводных мультипараметрических зондов YSI 600, YSI Pro 1030, CTD-профилографа YSI CastAway, а также самописцев StarOddi DST CT. Точность проводного зонда выше, чем CTD-зонда CastAway, и составляет 0.5% от отсчета + 0.001 мСм/см.

Гидрометеорологические условия во время экспедиции

Зима 2019-2020 гг. на севере Европейской части России началась позже климатических сроков. Неустойчивый характер погоды затянул процесс установления ледостава и нарастания толщины льда: на Варзуге установление ледостава завершилось в последних числах декабря – начале января, более чем на месяц позже среднемноголетних дат. В зимнюю межень 2020 года, когда проводились исследования, расходы воды Варзуги составляли 50 – 60% от среднегодовых значений.

Температура воздуха в период экспедиции менялась от -25,5^{0}C до -9,4^{0}C. Осадков за время экспедиции выпало 24 мм (4-5% нормы). [https://rp5.ru]

Результаты

Ледовая обстановка

Толщина льда на устьевом участке Варзуги постепенно увеличивается от устья вверх по течению. Границей интенсивного воздействия морских вод на толщину льда является участок 7-8 км, где средние значения толщины льда возрастают до 45 см, а общий тренд изменения толщины не имеет предрасположенности к уменьшению. Можно выделить два участка с характерными изменениями толщины льда: 8-15 км, со схожей толщиной льда, различающейся преимущественно в связи с локальными особенностями, такими как морфология русла и 0-8 км, где прослеживается тенденция к уменьшению толщины льда по мере приближения к Белому морю. Сплошной ледяной покров на участке 0-3 км сформировался во время экспедиции, чему способствовали низкие температуры воздуха.

Речной сток

Речной сток Варзуги выше зоны влияния приливов измеряется на г/п Варзуга в 23 км выше устьевого створа, где 30 января 2020 года он составил 42,8 $м^3/с$. Ниже гидрологического поста в Варзугу впадают несколько притоков, в том числе р. Кица. Согласно проведенным во время экспедиции измерениям, расход Кицы в 4 км выше ее устья, где не сказывается влияние приливов, составил 8,3 $м^3/с$. Суммарный же расход Варзуги после впадения Кицы (рис.1) составил 51,1 $м^3/с$.

Уровни воды

Дальность проникновения приливных колебаний уровня была установлена для условий зимней межени и составила порядка 20 км. В устьевом створе величина прилива составила 1,25 м, в створе 4 км она уменьшилась незначительно до – 1,1 м, в 9,5 км от устья – 0,88 м, в 15 км – 0,49 м, в створе 19,5 км от устья – 0,023 м.

При удалении от устья прилив становится ассиметричным: время роста уменьшается, а время падения увеличивается: на расстоянии 15 км время роста уровня (4 часа 5 минут) почти в два раза меньше времени его падения (9 часов). Максимальный уровень воды во всех створах удерживается примерно по 20 минут, однако на каждый километр время наступления максимума смещается на 5 – 10 минут. Время наступления минимального уровня воды отстает на каждый километр в среднем на 15 минут, причем ближе к устью разница меньше (около 10 минут), а на участке 9,5 – 15 км отставание увеличивается до 20 минут.

Скорости течения

Скорости течения измерялись на вертикали на фарватере в 4,5 км выше устьевого створа Варзуги (рис.1) синхронно с уровнями воды и гидрофизическими характеристиками 30 января с 12:00 до 23:15, то есть измерения охватили почти полный приливный цикл.

Измерения были начаты в отлив (спустя примерно 3,5 часа после полной воды), поэтому течение направлено в сторону моря. Средняя по глубине скорость течения в начале измерений была максимальной и составляла 0,49 м/с (12:00), постепенно снижаясь до 0,4 м/с (14:00). Приливный подъем уровней воды начался 15:50, направление течений сменилось между 16:30 и 17:00. Максимальная средняя приливная скорость течения составила -0,34 м/с (18:30). В период с 21:00 до 23:00 наблюдались разнонаправленные течения: в 21:00 в верхнем метровом слое воды было слабое течение в сторону моря (0,1 м/с), а ниже – еще приливное течение в сторону реки (-0,16 м/с). Спустя час большая часть водной толщи уже была охвачена отливными течениями (максимальные значения - 0,5 м/с), но в придонном слое сохранялись очень слабые приливные течения. Более чем через 2 часа после начала отлива, разница между скоростями течения у дна и в середине потока составляет 0,58 м/с. Разнонаправленность потоков связана с большим градиентом плотности воды. В 22:00 соленость воды на глубине 4

м составляла 23 епс, а на глубине 1 м – только 1,7 епс. Разница в плотностях водных масс вызывает циркуляционные течения, соленая вода продолжает двигаться вверх по руслу, а в верхнем слое водной толщи пресные воды направлены в сторону моря.

Температура и соленость воды

Во время измерений в полную воду было установлено, что дальность распространения осолоненных вод (1 епс) в условиях зимней межени составляет около 7,5 км. На расстоянии 0,5 – 1,5 км от устьевого створа водная толща хорошо перемешана, по всей глубине соленость воды порядка 27 епс. На участке 1,5 – 4 км большую часть сечения занимают воды соленостью около 26 епс, только у поверхности соленость воды резко снижается до 8 – 12 епс. Далее выше по течению реки слой с градиентом солености воды опускается ниже, у дна значения солености становятся меньше.

В малую воду осолоненная вода зафиксирована только ниже 1,5 км. Для вертикального распределения характерна стратификация – вплоть до устьевого створа в поверхностном слое расположена пресная вода, осолоненная (около 3,5 епс) – только у дна. Непосредственно перед началом следующего приливного цикла, осолоненные воды оставались в придонном слое нижних полутора километров устьевого участка Варзуги.

Распределение температуры воды аналогично распределению солености. По мере уменьшения солености с удалением от устьевого створа происходит увеличение температуры.

Таким образом, в течение приливного цикла зона распространения осолоненных вод на устьевом участке Варзуге изменяется от 1,5 км до 7,5 км.

Заключение

Благодаря выполненному комплексу измерений впервые было получено представление об особенностях гидродинамического режима устьевого участка Варзуги в условиях зимней межени. Приливное воздействие на уровни воды заканчивается в 20 км выше устьевого створа, что, вероятно, связано с появлением порогов в русле. Величина прилива в устье достигает 1,1 км, практически симметричная форма прилива сильно трансформируется при движении по руслу. приливная волна Зона смешения охватывает около 7,5 км устьевого участка.

Комплексные измерения скоростей течения, уровней и солености воды на протяжении целого приливного цикла в створе 4,5 км устьевого участка Варзуги позволили изучить особенности движения и взаимодействия пресных речных и осолоненных морских вод. В первые часы отлива в придонном слое сохранялись сильно минерализованные воды, разница в плотностях водных масс привела к циркуляционным течениям: осолоненная вода продолжала двигаться вверх по руслу, а в верхнем слое пресные воды текли в сторону моря. Противотечения сохранялись на протяжении более двух часов после начала падения уровней воды, причем размах измеренных на вертикали скоростей течения достигал 0,58 м/с.

Полученные данные натурных наблюдений послужат основой для дальнейшего обобщения исследований зимнего гидродинамического режима приливных устьев Белого моря.

Список литературы

1. Крыленко И.В., Липка О.Н., Суткайтис О.К. Причины и последствия изменения русла в нижнем течении реки Варзуги. — М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2018. – 200 с.
2. https://rp5.ru – ООО «Расписание Погоды»
3. https://gmvo.skniivh.ru/ – Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО)

ЗИМНИЕ СТУДЕНЧЕСКИЕ ЭКСПЕДИЦИИ ГИДРОЛОГОВ МГУ В УСТЬЯ РЕК БЕЛОГО МОРЯ В 2014-2020 ГГ.

Терский П.Н.[1], Алабян А.М.[1], Горин С.Л.[2], Демиденко Н.А.[3], Панченко Е.Д.[1], Попрядухин А.А.[1], Фролова Н.Л.[1]
[1] МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва
[2] ФГУП «ВНИРО», Москва
[3] ФГБУ «ГОИН», Москва

Зимние студенческие экспедиции – это многолетняя традиция Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Ежегодно в период зимних каникул на многих кафедрах факультета, в том числе на кафедре гидрологии суши, организуются экспедиции по России и ближнему зарубежью. Главная идея таких поездок состоит в вовлечении студентов в научную работу кафедр, а также в более тесном знакомстве сотрудников кафедр и студентов в неформальной обстановке. Цель настоящей работы – рассказать о зимних студенческих экспедициях кафедры гидрологии суши, которые в 2014-2020 гг. проводились в приливных устьях рек на побережье Белого моря. В связи с этим сообщается о предпосылках этих исследований, их составе и методах, а также научных и практических результатах.

Что представляют собой устья рек?

Устьевая область реки (устье реки, УОР) – это особый физико-географический объект, сформировавшийся, существующий и развивающийся благодаря совместному воздействию речных и морских факторов (Михайлов, Горин, 2012). УОР формируются и функционируют под воздействием многообразных сочетаний внешних факторов и представляет собой гидрологический, морфологический, седиментологический, геохимический и биологический барьер между рекой и приемным водоемом. С точки зрения фундаментальной науки, исследования в этих объектах необходимы для понимания закономерностей формирования/функционирования: глобальных круговоротов вещества и энергии; рельефа и гидрологического режима береговой зоны моря (в том числе эстуариев и дельт); сообществ живых организмов в устьевых (эстуарных, дельтовых) и прибрежных морских экосистемах; связей между компонентами устьевых (в том числе эстуарных и дельтовых) экосистем с таковыми в реках и морях. В практическом отношении устья рек – это место концентрации населения и различных инфраструктурных объектов (жилых, производственных, социальных, транспортных, инженерных), а также источник разнообразных ресурсов (водных, энергетических, биологических и пр.). В связи с этим, исследования здесь нужны для обеспечения безопасных и комфортных условий жизнедеятельности людей и эффективного использования имеющихся ресурсов.

Выбор объектов исследований

Для устьев рек присуще крайнее разнообразие, до сих пор непознанное. Очевидно, что тотальное изучение этих объектов невозможно. Поэтому для получения сколь-нибудь целостного представления о них необходимо использовать традиционный географический подход, основанный на выборе наиболее значимых объектов в пределах относительно однородных физико-географических регионов. На российской части побережья Северного ледовитого океана особо выделяется Беломорский регион, для которого характерны физико-географическая обособленность, очень большие приливы (до 7-8 м) и относительно мягкие климатические условия. Бассейны и устья беломорских рек имеют большое значение для воспроизводства ценнейших рыб – атлантических лососей. Все это делает устьевые исследования в этом регионе очень интересными и полезными в фундаментальном отношении. А поскольку берега Белого моря, и особенно устья рек, давно обжиты - фундаментальные исследования здесь могут иметь существенное практическое значение.

Устья больших рек Белого моря – Мезени, Северной Двины и Онеги – были хорошо изучены еще во второй половине XX в. (Михайлов, 1997). Но все же, информации о зимних

гидрологических процессах в этих объектах было существенно меньше, чем о процессах в теплое время года. О гидрологии устьев малых рек, особенно в зимний период, до недавнего времени почти ничего не было известно.

В связи с этим, для зимних экспедиций было определено два направления работы: углубленное исследование отдельных процессов в устьях больших рек и комплексное изучение устьев малых рек (в том числе, таких интересных устьевых объектов как меромиктические озера). В качестве объектов исследований были выбраны устья больших рек - Мезень и Онега, устья средних и малых рек - Кянда, Тамица, Варзуга, Умба, Кузрека, а также устьевые меромиктические озера полуострова Киндо (Ругозерская губа Белого моря): Кисло-Сладкое, на Зеленом мысу, Верх. Ершовское, Ниж. Ершовское, Трехцветное (рис. 1).



Рисунок 1 – Места проведения зимних студенческих экспедиций: 1, 2 – меромиктические устьевые озера п-ова Киндо (2014 и 2015 гг.); 3 – устья рек Онега, Кянда, Тамица (2017 г.); 4-1 – устья рек Онега и Кянда (2019 г.); 4-2 – устье реки Мезень (2019 г.); 5-1 – устья рек Умба и Кузрека (2020 г.); 5-2 – устье реки Варзуга (2020 г.)

Цели, задачи и состав полевых работ

Все зимние экспедиции преследовали две цели: научную – сбор натурных данных для выявления основных закономерностей гидрологического режима приливных устьев рек в зимний период и практическую – обучение студентов и аспирантов навыкам организации и выполнения зимних полевых исследований. Исследовательские задачи всегда включали изучение закономерностей трансформации приливной волны, динамики зоны смешения речных и морских вод, пространственной структуры ледяного покрова, пространственно-временной изменчивости скорости течения. В некоторых объектах проводились геохимические исследования, направленные на оценку распределения химических элементов в речных, морских и устьевых водах и льдах, а также в снеге на берегах УОР. На устьевых меромиктических озерах полуострова Киндо в дополнение к этому проводились синоптические наблюдения, измерения характеристик обмена парниковыми газами между озерами и атмосферой, гидробиологические и микробиологические исследования озер. В большинстве случаев полевые наблюдения ограничивались устьевыми участками рек и эстуариями (или устьевыми меромиктическими озерами), а в устьях рек Онега и Кянда в дополнение к этому были обследованы и устьевые взморья.

Непосредственно в полевых условиях проводились следующие виды работ. Колебания уровня воды исследовались с помощью автономных датчиков. В единую систему высот измерения уровня воды приводились с использованием GPS-приемников геодезического класса. Наблюдения за температурой и соленостью воды осуществлялись тремя способами: на автономных постах, а также с помощью зондирования водной толщи на гидрологических съемках и суточных станциях. Измерения скорости течения выполнялись доплер-

акустическими профилографами на суточных станциях. Расходы речной воды измерялись выше мест выклинивания приливных колебаний уровня. Структура ледяного покрова исследовалась с помощью бурения лунок и выпиливания кернов на станциях ледовых съемок. Места для постановки автономных приборов, размещения суточных станций и вертикалей съемок на каждом объекте определялись таким образом, чтобы были охвачены три основные зоны УОР: проникновения осолоненных вод, обратных течений и приливных колебаний уровня воды.

В экспедициях участвовало от 20 до 30 человек, половина из которых были студентами разных курсов Географического факультета. Остальные участники были сотрудниками и аспирантами кафедры Гидрологии суши и сотрудниками ГОИН и ВНИРО. Сроки и продолжительность поездок соответствовали зимним студенческим каникулам – до 12-13 дней (включая дорогу) в конце января - начале февраля.

Некоторые научные результаты исследований

Первые зимние экспедиции в устья рек Белого моря состоялись в 2014-2015 гг. Они проводились на устьевых озерах п-ва Киндо (рис. 1). В этих объектах была обнаружена устойчивая вертикальная стратификация вод, обусловленная тем, что в верхнем слое озер находилась опресненная вода, а в нижнем – вода с высокой соленостью (Краснова и др. 2016). Это явление сохранялось и в теплое время года, благодаря чему вертикальное перемешивание в озерах ограничивалось только их верхним слоем (наблюдалось явление меромиксии). Зимой водобмен между озерами и морем блокировался набросами льда и грунта, перекрывавшими устьевые протоки.

Устьевые области рек Онега, Кянда и Тамица были исследованы в 2017 и 2019 гг. (рис. 1). Сравнение полученных результатов с летними условиями в этих объектах показало: подо льдом на тех же местах, что и летом, асимметрия приливной волны усиливается (особенно при удалении от устья), величина приливов уменьшается в 1,5 – 2 раза, скорости течения остаются сопоставимыми; дальность проникновения приливных колебаний уровня воды, обратных (приливных) течений и осолоненных вод из моря в реки уменьшается (Panchenko et.al., 2019; Алексеева и др., 2017). Наиболее интересные результаты исследований в устье реки Мезень (2019 г., рис. 1) касались вопросов влияния очень больших приливов на формирование ледяного покрова и гидродинамику вод в этом объекте.

В 2020 г. было обследовано устье реки Варзуга (рис. 1). В зимнее время здесь было выделено три гидрологических участка. На первом (выше 21 км от моря) условия соответствовали речным. На втором (21-8 км от моря) вода была пресной, но ощущались приливные колебания уровня воды. На третьем (8-0 км от моря) все основные гидрологические характеристики – уровень, температура, соленость, скорость и направление течения воды – имели полусуточную приливную изменчивость (см. доклад Терского и др. в настоящем сборнике).

Для полноценного изучения сложной гидродинамической структуры потоков, характерной для устьев рек, необходимо использовать гидродинамическое моделирование. Только оно воспроизводит все возможные сценарии протекания гидрологических процессов с заданными наборами граничных условий (расходами речной воды, величинами приливов, характеристиками ледяного покрова и др.). На основе материалов наших экспедиций были разработаны трехмерная гидродинамическая модель устьевого участка реки Онега (на базе программного комплекса Delft3D), а также одномерные модели устьевых участков рек Онега и Кянда (на базе HEC-RAS и MIKE 11) (Panchenko et.al., 2020).

Практическое значение зимних студенческих экспедиций

Для студентов участие в экспедициях НСО дает возможность приобрести очень ценный опыт зимней работы. Здесь они учатся правильно организовывать работу (с учетом норм техники безопасности) в условиях холода, короткого светового дня, ледяного покрова на водных объектах и значительных приливов. Это способствует их становлению в качестве полевых специалистов, способных нести ответственность за себя, своих коллег и порученное

дело. Также студенты знакомятся с особенностями зимнего гидрологического режима рек, их устьев и прибрежной зоны моря, что существенно расширяет их научный кругозор. Натурные данные, полученные в зимних экспедициях, активно используются студентами в их учебно-научной работе при написании курсовых, выпускных бакалаврских работ и магистерских диссертаций, для подготовки самостоятельных публикаций и докладов на конференциях. Для сотрудников кафедры подобные экспедиции – это не только основа для новых научных результатов, но, что не менее важно, еще один повод поделиться своими знаниями и пообщаться с умной, ответственной, креативной и жизнерадостной молодёжью.

Заключение

В 2014-2020 гг. было проведено пять зимних студенческих экспедиций на побережье Белого моря. В результате было получено представление о гидрологическом режиме различных устьев рек (в том числе устьевых меромиктических озер) этого региона в зимний период. Студенты, принимавшие участие в экспедициях, получили ценный опыт полевой работы в суровых условиях приполярной зимы, научились обращаться с научным (в том числе высокотехнологичным) оборудованием, познакомились со сложными гидрологическими объектами – устьевыми областями рек. Полученные в экспедициях результаты были использованы в научно-квалификационных работах студентов и магистрантов кафедры гидрологии суши, представлялись ими в самостоятельных публикациях и докладывались на многих конференциях.

Благодарности

Экспедиции выполнялись при поддержке Географического факультета МГУ, Кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ, ФГБУ «ГОИН», а также РФФИ (проекты 16-05-01018; 18-05-60021 и 19-35-90032). Участники экспедиций глубоко признательны местным жителям: А.П. Степанову (г. Онега), М.Н. и Н.А. Кожиным, А.П. Хромову (пгт. Умба), А. Двинину (д. Кузомень), сотрудникам ББС МГУ и многим другим за гостеприимство и помощь в работе.

Список литературы

1. *Алексеева А.А., Кашицына А.С., Лебедева С.В., Одоев Л.С., Панченко Е.Д., Попрядухин А.А., Терский П.Н.* Зимний гидрологический режим устья р.Онеги / // Труды VI Международной научно-практической конференции Морские исследования и образование (MARESEDU – 2017). М. 2017. С. 715–719.

2. *Краснова Е.Д. Воронов Д.А., Демиденко Н.А. и др.* К инвентаризации реликтовых водоемов, отделяющихся от Белого моря // Комплексные исследования Бабьего моря, полуизолированной беломорской лагуны: геология, гидрология, биота - изменения на фоне трансгрессии берегов. Тр. Беломорской биостанции МГУ. 2016. С. 211–241.

3. *Михайлов В.Н.* Устья рек России и сопредельных стран: прошлое, настоящее и будущее. М.: ГЕОС. 1997. 413 с.

4. *Михайлов В.Н., Горин С.Л.* Новые определения, районирование и типизация устьевых областей рек и их частей - эстуариев // Водные Ресурсы. Т. 39. № 3. 2012. С. 243-256.

5. *Panchenko E., Lebedeva S.,Terskii P., Leummens M.* Hydrodynamics of the Onega river tidal estuary as a basis forecosystem monitoring // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 263 (2019) 012014. P. 1–6

6. *Panchenko E., Leummens M., Lebedeva S.* Hydrodynamic modelling of the Onega river tidal estuary // E3S Web Conferences. Vol. 163 of IV Vinogradov Conference “Hydrology: from Learning to Worldview”. 2020.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УСТЬЯХ РЕК ОНЕГИ И СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СЦЕНАРИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Панченко Евгения Дмитриевна[1], Алабян Андрей Михайлович[1,2], Крыленко Инна Николаевна[1,2], Лебедева Серафима Витальевна[3], Голосной Дмитрий Андреевич[2]

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

[2] Институт водных проблем РАН, г.Москва

[3] Северное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, г. Архангельск

Введение

В настоящее время сам факт климатических изменений уже не вызывает сомнений, и при его обсуждении важное место начинает занимать выявление объектов и регионов, где их проявление начнется раньше и будет ощущаться наиболее отчетливо. С нашей точки зрения, одним из классов таких объектов-индикаторов могут стать устьевые области Арктических рек. С одной стороны, они характеризуются сложным гидрологическим режимом, зависящем от комплекса природных факторов, определяющих как состояние шельфовых морей Северного Ледовитого океана, так и режим стока рек с материка. С другой стороны, устья рек характеризуются повышенной биопродуктивностью и имеют важное социальное, инфраструктурное и рекреационное значение. Исследование возможных изменений гидродинамического режима крупнейших рек Беломорского бассейна – Северной Двины и Онеги методом сценарного моделирования предлагается в качестве инструмента для анализа направленности и динамики широкого спектра процессов и явлений, определяющих условия жизнедеятельности в условиях меняющегося климата.

Разработка сценариев моделирования

Основой для разработки сценариев моделирования гидродинамики устьев рек послужили результаты расчетов по данным глобальных климатических моделей GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR проекта CMIP5, рассматривающих различные варианты антропогенного воздействия. Практически все климатические модели при всех сценариях эмиссии парниковых газов прогнозируют к середине XXI в. рост среднего уровня Белого моря на юго-западе его акватории в среднем на 27 см при межмодельном разбросе от 20 до 38 см.

Оценочные данные по изменению средних максимальных и средних минимальных расходов воды Онеги и Северной Двины на период климатического прогноза 2036-2065 гг. были получены с помощью модели формирования стока ECOMAG Ю.Г.Мотовилова (Голосной, Крыленко, 2017; Крыленко и др., 2019). Для обоих бассейнов результаты моделирования стока показывают снижение максимальных и минимальных расходов воды на середину XXI в. (осредненных за 30-летний период 2036-2065 гг.) по сравнению с историческим периодом той же продолжительности 1971-2001 гг. В среднем по ансамблю климатических моделей возможное снижение средних максимальных расходов воды Северной Двины составляет от 15,4 до 19,8%, Онеги – от 20 до 27% в зависимости от климатического сценария. Только при расчетах на основе данных климатической модели GFDL-ESM2M получены положительные аномалии среднемаксимальных расходов воды (до 9% для Северной Двины и до 15 % для Онеги). Снижение средних за период 2036-2065 гг.

минимальных расходов воды по сравнению с историческим периодом в среднем по ансамблю моделей составляет от 30 до 40% для Северной Двины и от 33 до 45 % для Онеги.

На основе полученных данных о возможных изменениях уровня моря и объемов речного стока были разработаны 12 сценариев гидродинамического моделирования весеннего половодья (1-4), летней (5-8) и зимней межени (5а-8а) (табл.1). По результатам моделирования был проведен анализ возможных изменений гидродинамических характеристик водного потока в устьевых областях и их влияния на различные аспекты использования водных ресурсов исследуемых рек.

Таблица 1. Граничные условия для сценарного гидродинамического моделирования устьевых областей Онеги и Северной Двины

Номер сценария	Изменение по сравнению с историческим периодом			Устье Северной Двины		Устье Онеги	
	расхода воды δQ, %		уровня моря	расход воды	уровень моря	расход воды	уровень моря
	С.Двина	Онега	ΔН, м	Q, м^3/с	Н, м	Q, м^3/с	Н, м
1	0	0	0	21903	-0,21	2934	-0,11
2	-18	-24	0,27	17961	0,06	2230	0,16
3	9	15	0,27	23875	0,06	3374	0,16
4	9	15	0,50	23875	0,29	3374	0,39
5, 5а	0	0	0	720	-0,21	124	-0,11
6, 6а	-37	-39	0,27	454	0,06	75,6	0,16
7, 7а	-71	-67,3	0,27	210	0,06	40,5	0,16
8, 8а	-71	-67,3	0,50	210	0,29	40,5	0,39

Моделирование гидродинамических процессов в устье Онеги

Сценарные расчеты изменения гидродинамического режима устьевого участка Онеги проводились с помощью одномерной гидродинамической модели HEC-RAS, охватывающей участок длиной 31 км от устья (Панченко и др., 2020; Panchenko *et al.*, 2020).

В половодье при всех сценариях произойдет небольшое увеличение области распространения приливных колебаний уровня – с 17 км до 18-20 км, причем доминирующим фактором при этом будет повышение среднего уровня моря, а не изменение объема стока. Значительное изменение характера течений можно ожидать в нижней части эстуария, где в случае уменьшения расходов половодья начнут наблюдаться реверсивные течения. Появление реверсивных течений во время половодья, когда речным потоком в море выносится основная доля наносов, поступающих с речного водосбора, может оказаться крайне негативным фактором в отношении поддержания навигационных глубин у причалов порта. Речные наносы, ранее выносимые половодным потоком реки в Онежский залив, могут начать откладываться непосредственно в эстуарии, не достигнув устьевого створа и заиливая судоходный фарватер. Возможность интенсификации процессов аккумуляции наносов непосредственно у причалов порта г. Онега при уменьшении максимального стока подтверждается анализом изменения скоростей течения: диапазон изменения скоростей в течение приливного цикла по сценарию 2 уменьшится до 0,20 м/с – 0,90 м/с по сравнению с современными условиями (0,47 – 1,1 м/с).

В периоды межени при предполагаемом существенном уменьшении минимального стока р.Онеги с одновременным ростом уровня Белого моря кардинальной перестройки гидродинамического режима устьевого эстуария и всего устьевого участка реки не ожидается,

хотя экстремальные значения скоростей течения и уровней водной поверхности в отдельных створах могут измениться весьма существенно. Как в современных меженных условиях, так и при всех сценариях будущего развития событий весь эстуарий будет находиться в области формирования обратных уклонов водной поверхности. Область распространения приливных колебаний уровня и реверсивных течений увеличится несущественно (с 24,5 км до 25 км и с 22 км до 23,5 км соответственно), причем увеличение среднего уровня моря на протяженность области воздействия прилива не влияет. Это связано с особенностями морфологического строения устьевого участка, в частности с порогами, расположенными в 24-25 км выше устьевого створа. Уменьшение речного стока практически не окажет влияния на минимальный уровень воды за счет повышения среднего уровня моря (сценарии 6 и 7), что является положительным фактором для морского судоходства.

В условиях ледостава ожидаемое уменьшение речного стока и повышение уровня моря (сценарии 6а-8а) скажутся на увеличении протяженности зоны приливных колебаний уровня воды и реверсивных течений в значительно большей степени, чем при открытой воде (на 2-3 км и 3-4 км соответственно). В совокупности с увеличением приливных скоростей течения в нижней части эстуария на 11-19% это может привести к интенсификации процесса проникновения осолоненных и переохлажденных морских вод вверх по руслу Онеги, что неблагоприятным образом скажется на работе коммунальных и промышленных водозаборов, а также безопасности ледовой переправы у г.Онега. Последнее обстоятельство может усугубляться увеличением высоты сизигийного прилива у города в зимний период.

Моделирование гидродинамических процессов в устье Северной Двины

Для сценарных расчетов в дельте Северной Двины использовалась двумерная плановая модель (Лебедева и др., 2015; 2017; Alabyan, Lebedeva, 2018) на базе программного комплекса STREAM-2D, охватывающая участок от вершины до морского края дельты (135 км).

В половодье по результатам моделирования наиболее вероятного сценария 2 площадь затопления пойменных территорий изменится незначительно, повышение уровня моря оказывается полностью компенсированным уменьшением стока реки в половодье. При увеличении среднего уровня моря в условиях увеличения расхода половодья (сценарии 3 и 4), площадь затопления поймы и дельтовых островов увеличится на 13-20% в зависимости от интенсивности роста уровня моря. Дальность проникновения приливных колебаний уровня увеличивается только при уменьшении объема речного стока. Обратных течений, как это было выявлено на Онеге, в устье Северной Двины во время половодья не ожидается ни при одном из рассмотренных сценариев.

Характер изменения стока заметно скажется на скорости половодного потока, что является важным обстоятельством при планировании движения и маневрирования судов у причалов порта г. Архангельска. Максимальные скорости течения в районе железнодорожного моста у г/п Смольный Буян изменятся от 1,8 м/с в фактических условиях (сценарий 1) до 1,6 м/с в сценарии 2 и до 2,0 м/с в сценариях 3 и 4.

В периоды летне-осенней межени по расчетам существенно увеличиваются области распространения обратных течений по трассе основного судового хода – на 22-30 км в зависимости от уменьшения меженного стока и в значительно меньшей степени – от увеличения уровня моря.

При ледоставе в условиях зимней межени приливные колебания уровня воды у с. Усть-Пинеги будут проявляться в значительно меньшей степени, и главным образом в случае наиболее существенного уменьшения стока. На увеличении области обратных течений при

ледоставе большее влияние оказывает степень уменьшения речного стока, нежели повышение уровня моря. При снижении меженного стока на 37% и повышении уровня моря на 27 см при наиболее вероятном сценарии (6а) область обратных течений увеличится на 8 км, а при уменьшении стока на 70,9% - на 32-36 км (сценарии 7а, 8а). Интенсификация обратных течений может оказаться негативным фактором, способствуя проникновению осолоненных морских вод вверх по руслу Северной Двины к промышленным и коммунальным водозаборам г. Архангельска.

Также весьма неблагоприятным обстоятельством для судоходства является существенное, в 2-3 раза, уменьшение меженных скоростей течения на некоторых участках судоходной акватории, где могут существенно интенсифицироваться процессы отложения наносов и заиления фарватера и рейдов.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекта 18-05-60021 «Сток рек и изменение водного и ледотермического режима устьевых областей и морских побережий Российской Арктики в XXI веке» в части сценарного моделирования; проекта № 19-35-60032 «Комплексное исследование динамики вод в многорукавном приливном устье Северной Двины на основе синтеза компьютерной модели, сетевых и экспедиционных гидрологических данных» в части методики гидродинамического моделирования).

Список литературы

Голосной Д.А., Крыленко И.Н. Моделирование формирования стока реки Онеги на основе программного комплекса ECOMAG // Морские исследования и образование (MARESEDU-2017). Труды VI Международной научно-практической конференции. 2017. С. 700-704.

Крыленко И.Н., Голосной Д.А., Жук В.А. Оценка притока воды в Белое море с территории бассейнов рек Онеги и Северной Двины на основе модели формирования стока // Морские исследования и образование (MARESEDU-2018). Труды VII Международной научно-практической конференции. 2019. С. 163-171.

Лебедева С. В., Алабян А. М., Крыленко И. Н., Федорова Т. А. Наводнения в устье Северной Двины и их моделирование // *Геориск*. — 2015. — № 1. — С. 18–25.

Лебедева С.В., Алабян А.М., Попрядухин А.А. Верификация гидродинамической модели устья реки Северной Двины по полевым данным 2016-2017 гг. // Морские исследования и образование (MARESEDU-2017). Труды VI Международной научно-практической конференции. 2017. С. 670-673.

Панченко Е.Д., Льюменс М., Лебедева С.В. Моделирование гидродинамических процессов в приливном устье реки Онеги // Сборник докладов международной научной конференции памяти Ю.Б.Виноградова «Четвертые Виноградовские чтения. Гидрология: от познания к мировоззрению», ООО "Издательство ВВМ", г. Санкт-Петербург. 2020. С. 135-140.

Alabyan A. M., Lebedeva S. V. Flow dynamics in large tidal delta of the Northern Dvina river: 2D simulation // Journal of Hydroinformatics, 2018. Vol. 20. no. 4. P. 798–814.

Panchenko E., Leummens M., Lebedeva S. Hydrodynamic modelling of the Onega river tidal estuary // E3S Web Conferences. — Vol. 163 of IV Vinogradov Conference “Hydrology: from Learning to Worldview” in Memory of Outstanding Russian Hydrologist Yury Vinogradov. — 2020.

СКОЛЬКО В РОССИИ МЕРОМИКТИЧЕСКИХ ОЗЕР?

Елена Дмитриевна Краснова
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Биологический факультет

Меромиктические водоемы редки и рассеяны по всему миру, происхождение их весьма различно, а спектр условий в них очень широк. Это водоёмы с устойчивой вертикальной стратификацией воды, которая возникает из-за разницы в плотности её слоев и сохраняется на протяжении, как минимум, нескольких лет, а во многих случаях сотен и даже тысяч лет. Исследование меромиктических водоемов – одна из актуальных задач науки. Огромный массив данных о водоемах этой категории накоплен за рубежом, проводится инвентаризация (Hall, Northcote, 2012), разработана классификация (Hutchinson, 1937; Lewis, 1983; Hakala, 2004; Likens, 2009), общепризнано, что все они заслуживают специальной охраны. В каждой стране, где есть хотя бы один меромиктический водоем, на его исследования направлены усилия многих исследователей, целых лабораторий.

В первой сводке по меромиктическим водоемам, которая захватывала территорию нашей страны, во всем мире указано 121 меромиктических водоема, в том числе 12 – на территории СССР (Walker, Likens, 1975). В «Энциклопедии внутренних вод» Стьюарта с соавторами, вышедшей в 2009 году (Stewart et al., 2009), перечислено уже 224 водоема, включая 14 российских. Все исследователи, которые вовлечены в инвентаризацию меромиктических водоемов, утверждают, что выявлены далеко не все. Однако порядок величины уже понятен: при самом тщательном обследовании всей планеты количество водоемов с устойчивой стратификацией вряд ли вдвое превысит уже известное количество.

Россия занимает 1/7 земной суши, и должно настораживать, что на ее долю приходится так мало водных объектов этого типа. Все иностранные сводки опираются на считанное число публикаций о меромиктических водоемах на территории нашей страны. Это, главным образом, публикации сотрудников Института микробиологии им С.Н. Виноградского – Ю.И. Сорокина, В. М. Горленко, С.И Кузнецова, которые, начиная с 1970-х годов, изучали роль бактерий в геохимических процессах стратифицированных водоемов и публиковались на иностранных языках (Ляликова, 1957; Чеботарев и др., 1973; Sorokin, 1970; Gorlenko, Kusnezov, 1972; Gorlenko, 1978; Горленко, Чеботарев, 1981).

В числе водоемов, которые упоминаются во всех зарубежных сводках: оз. Беловодь в Собинском районе Владимирской области, три водоема в Республике Марий Эл – оз. Конанъер, оз. Кузнечиха и оз. Черный Кичиер (северная часть озера Большой Кичиер, которое тоже иногда упоминается в числе меромиктических, но таковым не является); оз. Урозеро в 25 км от г. Петрозаводск (Республика Карелия); оз. Могильное на острове Кильдин в Баренцевом море, озера Гек-гель и Марал-гель в Азербайджане, и два водоема в районе г. Славянск (Украина) – Рапное и Вейсовое. В последней сводке к ним добавлены карельское оз. Оха-Лампи и два озера в Хакассии – Шира и Шунет. Два последних водоема, благодаря работам Института биофизики СО РАН в г. Красноярск стали самыми изученными меромиктическими водоемами в мире. Лидеры этих исследований вместе с одним из ведущих мировых специалистов по меромиктическим водоемам Рамешем Гулати (R. D. Gulati, редактор международного журнала «Aquatic ecology») составили обзорную монографию «Ecology of Meromictic Lakes» (2017), где сведены важнейшие достижения науки о меромиксии. Это первая подробная публикация, посвященная исключительно таким озерам. В ней проведен анализ современной литературы о меромических озерах всего мира

и приведены примеры тематических исследований в нескольких наиболее изученных озерах. Из российских озер отдельная глава посвящена меромиктическим озерам Шира и Шунет в Хакассии как примеру водоемов, удостоенных всесторонних долгосрочных исследований, для которых разработаны математические модели. В задачу этой книги не входил полный обзор работ, выполняемых на территории нашей страны, а такие исследования есть: они проводятся в Забайкалье, Бурятии, на Камчатке, на о. Сахалин, в Поволжье, на о. Валаам, в Архангельской и Мурманской областях, в Карелии. В них вовлечены микробиологи, гидробиологи, гидрохимики, гидрологи, опубликованы сотни работ, разбросанных по разным изданиям, включая малодоступные региональные.

Анализ научной литературы о меромиктических водоемах на территории России за период с конца XIX в. до настоящего времени позволил нам составить новый список, который включает 54 водных объекта. В него вошли: 31 прибрежный водоем морского происхождения (не считая Черного моря, которое является самым большим меромиктическим водоемом в мире), 10 карстовых озер, 5 ледниковых озер, 4 бессточных соленых меромиктических водоема в аридной зоне, один пруд, а также два карстовых водоема, которые в последние годы утратили долгое время существовавшую стратификацию.

Самый распространенный вариант меромиктических водоемов в России – прибрежные морские, в которых устойчивая стратификация возникает в результате перекрытия морской воды пресными водами поверхностного стока. Большое их число связано с протяженностью морской береговой линии нашей страны. Часть водоемов образовалась в областях с быстрым поднятием берега, другие – в районах с динамикой береговых наносов. Меромиксия зарегистрирована в семи водоемах на побережье Баренцева моря (оз. Могильное, верхний ковш в губе Ивановская, оз. Сисяярви в куту губы Амбарной, три водоема в губе Черной на Новой Земле, а также губа Кислая, отделенная от моря плотиной Кислогубской приливной электростанции), в 15 водоемах на побережье Белого моря (оз. Мертвое в губе Долгой на о. Большой Соловецкий, оз. Савино-Канозеро в черте г. Кандалакша, две лагуны на оз. Телячьем в Кандалакшском заповеднике, оз. Большие Хрусломены на о. Олений в губе Ковда, озера Кисло-Сладкое, Трёхцветное, Нижнее Ершовское и Еловый Наволок (Еловое) и лагуна на Зеленом мысе в окрестностях Беломорской биологической станции МГУ им. М.В. Ломоносова, озера Вонючее (на о. Тонисоар), Мероламбина и вершина губы Глубокая возле о. Сонострров, оз. Вонючее в губе Чупа, искусственно отделенная от Кандалакшского залива вершина губы Канда, один водоем на побережье Берингова моря (лагуна Гладковская на о. Беринга), два водоема в Камчатском заливе (оз. Култучное и оз. Большой Вилюй), три водоема на побережье Японского моря (оз. Духовское, Мраморное и Круглое) и три – на побережье Охотского моря (Тунайча, Изменчивое и Птичье) (Краснова, в печати).

Среди континентальных меромиктических водоемов большинство имеет карстовое происхождение. Такие озера есть во Владимирской области (оз. Беловодь), Вологодской (оз. Саково), но больше всего их найдено в Республике Марий Эл благодаря изысканиям Института экологии волжского бассейна РАН (г. Тольятти). Там меромиктический характер установлен для шести озер: Черный Кичиер, Шунгалдан, Зелёное, Кузнечиха, Солёное и Палёное, есть веские основания считать меромиктической оз. Голубая Старица. Еще один водоем – оз. Кононъер, которое в прошлом было меромиктическим, по данным последних исследований больше таковым не является (Gorbunov, Umanskaya, 2019). В Московской области карстовое озеро Бездонное (Солнечногорский район) также, по всей вероятности, является меромиктическим.

Меромиксия нередко формируется в озерах ледникового происхождения и связана с повышенным содержанием железа и марганца в придонных водах. В Архангельской области железо-марганцевый тип меромиксии обнаружен сотрудниками Института экологических проблем Севера ФИЦКИА РАН в озёрах Светлом-1 и Тёмном (Холмогорский район), устойчивая плотностная стратификация выявлена еще в трех водоемах в истоках реки Светлой, которые еще нуждаются в дополнительных исследованиях (Chupakov et al., 2017; Кокрятская и др., 2019). Озера ледникового происхождения с железо-марганцевым типом меромиксии есть также на территории Республики Карелия: оз. Урозеро (Узорное, или Оха-Лампи) в районе г. Петрозаводск и два озера на о. Валаам – Игуменское и Черное, мониторинг которых осуществляется на базе учебно-научной станции «Валаам» РГГУ, г. Санкт-Петербург) (Воякина, 2006).

Самая немногочисленная в нашей стране группа меромиктических водоемов естественного происхождения – бессточные соленые озера, расположенные в аридной зоне, в которых верхний опресненный слой формируется за счет притока пресных вод с водосбора и “отжима” солей при ледоставе. Кроме двух самых известных озер Шира и Шунет в Минусинской котловине (Республика Хакассия) есть третье – Учум, и еще одно озеро в Забайкальском крае – оз. Доронинское (Рогозин, 2019; Борзенко и др., 2015).

Слои с разной плотностью нередко образуются в водоемах искусственного происхождения, например – в глубоких шахтах, однако на территории России такие водоемы пока не описаны. Нам известен всего один искусственный меромиктический водоем – пруд
«Нижний» в каскаде прудов Ботанического сада Самарского университета (Горбунов и др., 2007). Разница в плотности его слоев образуется за счет минерализованных родников, а также биогенным путем – из-за осаждения карбоната кальция в период интенсивного фотосинтеза, с последующим растворением в придонном слое. Важную роль также играет ледовый покров: после таяния льда минерализация в поверхностном слое уменьшается.

Несмотря на различное происхождение, между меромиктическими водоемами разных типов много общего, в том числе – функциональная организация хемоклина и анаэробной зоны со специфическими сообществами микроорганизмов, осуществляющих сходные геохимические функции. В каждой группе озер есть охваченные комплексными многолетними исследованиями, но в целом эти водоемы изучены очень неравномерно.

Хотя меромиктические водоемы оказались более многочисленными, чем считалось прежде, их все-таки немного, и каждый представляет собой уникальную экосистему. Все меромиктические водоемы заслуживают охраны, однако среди прибрежных морских водоемов из 31 лишь шесть получили статус гидрологических заказников и памятников природы, и еще 10 находятся в пределах особо охраняемых природных территорий и закрытых зон. Остальные 15 водоемов лишены законодательной охраны. С континентальными дело обстоит несколько лучше: из 22 водных объектов, под охраной находится 15, и еще два входят в состав проектируемых ООПТ. Важно обеспечить такими же мерами все меромиктические водоемы вместе с окружающими их ландшафтами.

Благодарности

Исследование поддержано РФФИ в рамках научного проекта № 19-15-50136. Часть данных о прибрежных водоемах и Белого и Баренцева морей получена при поддержке гранта РФФИ № 19-05-00377.

The reported study was funded by RFBR, project number 19-15-50136. Part of the data on coastal water bodies and the White and Barents Seas was obtained with the support of the RFBR

grant number 19-05-00377.

Список литературы

Борзенко С.В., Замана Л.В., Носкова Е.В. Меромиксия озера Доронинское (Восточное Забайкалье) // Успехи современного естествознания. – 2015, № 1. – С 420−425.

Воякина Е.Ю. Вертикальная структура фитопланктона в двух малых лесных озерах Валаамского архипелага // Состояние и проблемы продукционной гидробиологии. – М.: КМК. – 2006. – С.115−125.

Горбунов М.Ю., Уманская М.В., Краснова Е.С. Характеристика абиотических условий в экосистеме Нижнего пруда Ботанического сада Самарского университета // Самарская Лука: Бюл. – 2007. – Т. 16, № 1–2(19–20). – С. 131–143.

Горленко В.М., Кузнецов С.И. Вертикальное распределение фотосинтезирующих бактерий в оз. Кононъер Марийской АССР // Микробиология. – 1971. Т. XL, вып. 4. – С. 746– 747.

Горленко В.М., Чеботарев Е.Н. Микробиологические процессы в меромиктическом озере Саково// Микробиология. – 1981. – Т. 50, вып. 1. – С. 134–139.

Кокрятская Н.М., Чупаков А.В., Титова К.В., Шевченко В.П. Гидрохимическая характеристика стратифицированных озер системы реки Светлая (Беломорско-Кулойское плато) // «Проблемы обеспечения экол. безопасности и устойчивое развитие арктических территорий»: сб. мат. Всерос. конф. «II Юдахинские чтения». – Архангельск: ОМ-медиа, 2019. – С. 290−294.

Краснова Е.Д. Экология меромиктических озер России. Ч. 1. Прибрежные морские водоемы. – В печати.

Ляликова Н.Н. Изучение процесса усвоения свободной углекислоты пурпурными серобактериями в оз. Беловодь // Микробиология. – 1957. – Т. XXVI, вып. 1. – С. 92–98.

Рогозин Д.Ю. Меромиктические озера Северо-Минусинской котловины: закономерности стратификации и экология фототрофных серных бактерий. – Красноярск: ИФ СО РАН, 2019. – 241 с.

Чеботарев Е.Н., Горленко В.М., Качалкин В.И. Микробиологический процесс образования сероводорода в озере Репном (Славянские озера) // Микробиология. – 1973. – Т. 42, № 3. – С. 537—541.

Chupakov A.V., Chupakova A.A., Moreva O.Yu., Shirokova L.S., Zabelina S.A., Vorobieva T.Y., Klimov S.I., Brovko O.S., Pokrovsky O.S. Allochthonous and autochthonous carbon in deep, organic-rich and organic-poor lakes of the Europian Russian subarctic // Boreal Environ. Research. – 2017. – V. 22. – Pp. 213−230.

Ecology of Meromictic Lakes. Editors: Gulati, Ramesh D., Zadereev, Egor, Degermendzhi, Andrei G. (Eds.) // Ecological studies. – 2017. – 0070-8356; 228. – 450 p.

Gorbunov M.Yu., Umanskaya M.V. Karst meromictic lakes of the forest zone of the middle Volga basin // «География: развитие науки и образования». Т. I. Коллективная монография по мат-лам ежегодной Всерос. науч.-практ. конф. «LXXII Герценовские чтения». – СПб.: Астерион, 2019. – С. 282−286.

Gorlenko V.M. Phototrophic sulfur bacteria of salt meromictic lakes and their role in sulfur cycle // Environmental biogeochemistry and geomicrobiology. – 1978. – Vol. 1. – Pp. 100–119.

Gorlenko V.M., Kusnezov S.I. Uber die photosynthetisierenden Bacterien des Kononjer Sees // Arch. Hydrobiol. – 1972. – V. 70. – P. 1–13.

Sorokin Yu. I. Interrelations between sulphur and carbon tumover in meromictic lakes // Arch. Hydrobiol. – 1970. – V. 66. – Pp. 391–446.

ИССЛЕДОВАНИЕ СРЕДООБРАЗУЮЩЕЙ РОЛИ МЕЛКОВОДНЫХ МЕТАНОВЫХ СИПОВ ЧЕРНОГО МОРЯ НА ПРИМЕРЕ ДВУХ РАЙОНОВ (БУХТЫ ЛАСПИ И ГОЛУБАЯ)

Иванова Ирина Николаевна[1], Будников Андрей Александрович[1], Малахова Татьяна Владимировна[2], Мурашова Алена Игоревна [2]

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

[2] *Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь*

В работе рассматриваются результаты исследований средообразующей роли метановых сипов на мелководных газовыделяющих площадках Крымского побережья в бухтах Голубая и Ласпи. В летние сезоны 2018 – 2020 гг. были проведены измерения гидрологических параметров (температуры T, солености S, содержания растворенного кислорода O_2) над площадками газовыделений в обеих бухтах, а также оценены объемы пузырьковой и флюидной разгрузки в бухте Ласпи. Полученные вертикальные профили гидрологических параметров воды над местом пузырьковых высачиваний свидетельствуют о значительном влиянии сипов на содержание O_2 и распределение S. В бухте Ласпи влияние сипов на гидрологические параметры было менее выражено, что связано геоморфологией исследуемых районов и генезисом выделяющегося газа. Определенный гидроакустическим методом поток пузырьковых газовыделений для трех сипов в бухте Ласпи варьировал от 6 до 46 л/сут, а диапазон значений удельного объема флюидных потоков - от 1,4 до 74,3 ммоль/м^{2}сут.

Введение

Исследования, связанные с выходом природного газа из морского дна важны для оценки вклада в общее количество природных источников парниковых газов, возможности использования выделяющегося газа в качестве альтернативного источника топлива или в качестве маркера подземных залежей природного газа, а в случае прибрежных мелководных сипов – прогнозирования опасности катастрофических выбросов при землетрясениях [Шнюков, 2005].

К средообразующим и экологическим эффектам, связанным с метановыми сипами Черного моря, относят влияние струйного метана на газовый состав и на гидрохимическую структуру вод, образование карбонатных построек, а также влияние на микробные процессы и структуру микробного сообщества [Егоров и др., 2011]. Во многом средообразующая роль глубоководных и мелководных сипов схожа, однако имеется ряд различий.

Отличительной особенностью мелководных сипов Черного моря по сравнению с глубоководными является окисленная среда, в которой происходят процессы газовыделения и сопутствующие этому биогеохимические процессы. В сероводородной зоне площадки газовыделений являются своеобразными оазисами жизни в силу вещественно-энергетических свойств метана для микробного звена, а в прибрежных окислительных условиях напротив – зонами угнетения вследствие сероводородного заражения и острой гипоксии/аноксии. Интерес к изучению мелководных сипов вызван также тем, что по сравнению с глубоководными газовыделениями, пузырьковый газ, не успевает раствориться в толще воды и поступает в атмосферу.

Районы исследований

Исследования проводились в двух районах, где ранее были обнаружены пузырьковые метановые газовыделения: у мыса Феофан, расположенного в Голубой бухте (44.5594 N; 33.4002 E) и в бухте Ласпи (44.42099 N; 33.70766 E) (рис. 1). Исследованные районы значительно отличались геоморфологией, а также генезисом выделяющегося газа.



Рис 1. Подводные фотографии сипов в бухте Голубой (слева) и в бухте Ласпи (справа)

В бухте Голубой газовыделения были обнаружены вблизи оконечности мыса, сложенного плотными известняками, выдающегося в море приблизительно на 150 м. В подводной части мыса прослеживаются разломы в виде трех каньонов глубиной более 10 м и шириной около 5 м. В двух каньонах из трех зафиксированы многочисленные газовыделения из дна, устланного детритными отложениями. Определённый ранее компонентный и изотопный состав углерода метана (C_1/C_{2+} /$\delta^{13}C$-CH_4) указывает на то, что метан в этом районе относится к биогенному типу [Malakhova et al., 2015].

К глубинному газу термогенного генезиса отнесены сипы в бухте Ласпи [Malakhova et al., 2015]. Они находились на глубине 2,5 м на поверхности скального образования, погруженного под песчаные отложения. Зона газовыделений, площадь которой составляла около 500 $м^2$, насчитывала более 20 отдельных точек выхода пузырькового газа, относительно равномерно распределенных в пространстве.

Материалы и методы

В летний сезон 2019 и 2020 гг. у мыса Феофан (Голубая бухта) было изучено вертикальное распределение гидрологических параметров (температуры (T), солености (S), концентрации растворенного кислорода (O_2) водной толщи в каньоне над площадкой газовыделений. Указанные параметры измерялись при помощи многопараметрического зонда RCM 9 LW AANDERAA INSTRUMENTS (Норвегия), точности измерений T, Ск и O_2 составляли 0.02°C, 0.02 мСм/см, 0.25 мг/л, соответственно. На площадке сипов в бухте Ласпи проведен суточный мониторинг динамики этих же параметров, а также выполнены измерения флюидной разгрузки. Измерение пузырькового газового потока в бухте Ласпи было проведено с одновременным использованием двух методов: визуального (на основе видеозаписи процесса выхода газа [Малахова и др., 2015]) и пассивного акустического (на основе записи аудиосигнала, производимого пузырьками при выходе из дна [Будников и др., 2020]. Флюидные потоки измерялись при помощи улавливающих газ цилиндрических контейнеров, с нижним открытым основанием, укомплектованные в верхней части шлангом и краном для отбора пробы воды.

Результаты и обсуждение

Голубая бухта

Сравнение полученных гидрологических профилей воды в каньонах над площадкой газовыделений с профилями на фоновых станциях, выполненных летом 2019 и 2020 г., свидетельствует о влиянии сипов на кислородный режим вышележащей водной толщи. Зафиксировано значительное уменьшение концентрации O_2 в придонном слое воды над площадкой газовыделений, с минимумом 0,2 мг $л^{-1}$ в 2019 г. при условиях четкой температурной стратификации, и 5,8 мг $л^{-1}$ в 2020 г. при отсутствии термоклина (рис. 2а). Снижение концентрации кислорода в нижних слоях воды происходит вследствие его расхода на окисление сероводорода, выделяющегося как в составе пузырькового газа, так и в результате флюидной эмиссии из газонасыщенных донных отложений. В распределении *S* также были выявлены минимумы как у дна, так и в толще воды, свидетельствующие о потенциальной импульсной пресноводной разгрузке, во время которой линзы распреснения постепенно поднимаются к поверхности. Получено, что описанные особенности

распределения гидрологических параметров связаны с наличием пузырьковой разгрузки, геоморфологией исследуемого района и температурной стратификацией. Определяющим фактором интенсивного развития гипоксических явлений в придонном слое воды служит высокая степень изолированности подводных каньонов и как следствие замедленный водообмен с открытой частью акватории.

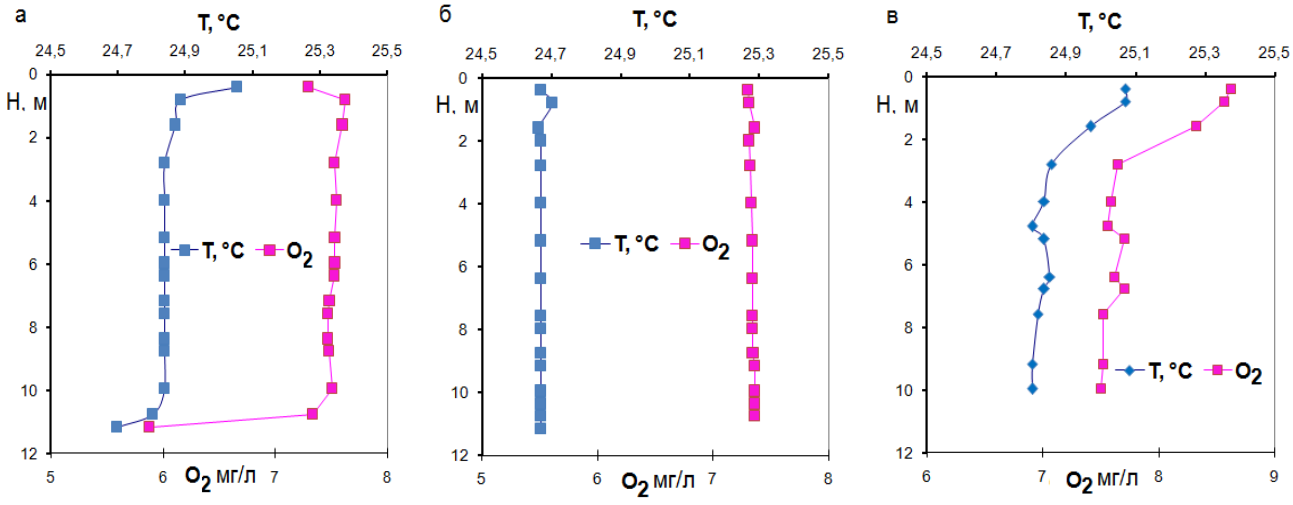


Рис 2. Вертикальное распределение T и O_2 а) в главном каньоне над струйными газовыделениями, б) в третьем каньоне, где газовыделения не обнаружены, в) на фоновой станции. 14.08.2020 г.

Бухта Ласпи

Суточный мониторинг основных гидрологических параметров на площадке струйных пузырьковых газовыделений в 2019 и 2020 гг. показал отсутствие высокодебетной пресноводной субмаринной разгрузки, которая часто сопутствует сипам. Изменение солености не превысило 0.08 ‰. Эпизоды резкого снижения содержания кислорода амплитудой 0.5 мг/л в ночные часы (рис. 3), не связанные с изменением температуры воды и метеоусловий, могут быть вызваны подтоком сероводорода в составе пузырькового и флюидного газов.

Поток пузырьковых газовыделений для трех мелководных сипов в бухте Ласпи, определенный гидроакустическим методом, составлял от 6 до 46 л/сут. Диапазон значений удельного объема флюидных потоков на площадке газовыделений варьировал от 1.4 до 74.3 ммоль/м^{2}сут. Предполагается, что более плотные карбонатные отложения на площадке сипов могут локализовать газовые потоки, уменьшая объем флюидной разгрузки.

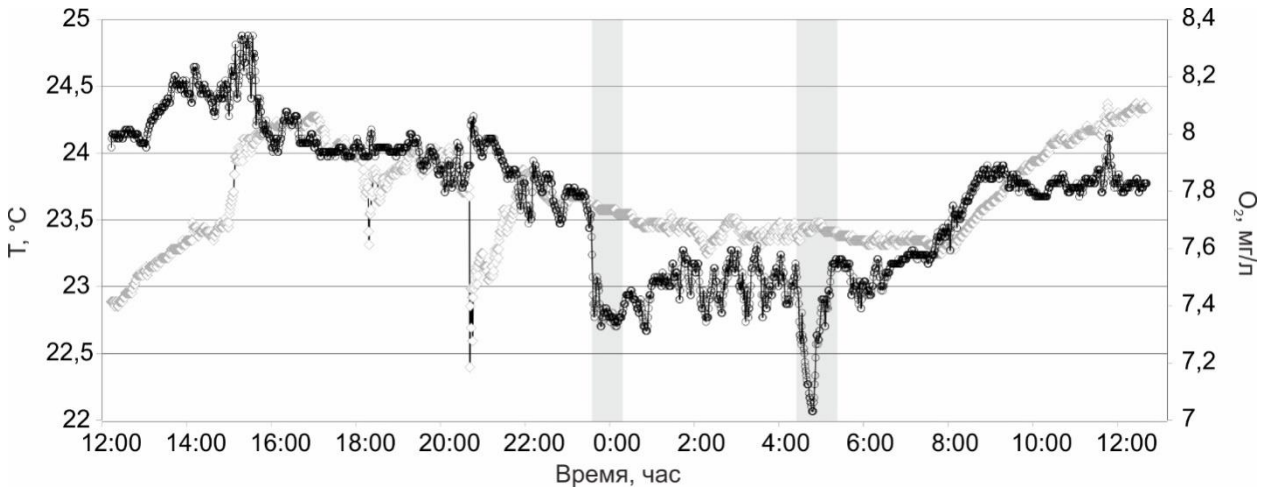


Рис 3. Суточная динамика изменения температуры и концентрации растворенного кислорода над метановым сипом в б. Ласпи в течение непрерывного *in situ* эксперимента 27-28 июля 2019 г.

Заключение

Полученные вертикальные профили параметров воды над местом пузырьковых высачиваний в Голубой бухте свидетельствуют о влиянии газовыделений на вышележащий слой воды. Выявлено значительное уменьшение концентрации кислорода в придонном слое над сипом, а также снижение солености вблизи дна и на некоторых горизонтах над местом пузырьковых газовыделений.

В комплексных исследованиях метановых сипов в бухте Ласпи для измерения объемов разгрузки пузырькового газа использовались два метода, что позволило получить более достоверные значения исследуемых величин. Рассчитанный акустическим методом объем газовыделений для мелководных сипов в бухте Ласпи составил от 6 до 46 л/сут. Оценено, что интегральная флюидная разгрузка в бухте Ласпи может быть сопоставима с потоком от пузырьковых газовыделений: максимальный флюидный поток, приходящийся на 1 квадратный метр дна, всего в 3.5 раза ниже по сравнению с минимальным зарегистрированным потоком от одиночного сипа.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-45-920057 р_а, регистрационный номер АААА-А18-118082090056-4.

Список литературы

Шнюков Е. Ф. Газогидраты метана в Черном море // Геология и полезные ископаемые океана. – 2005. - № 2. - С. 41 - 52.

Егоров В.Н., Артемов Ю.Г., Гулин С.Б. Метановые сипы в Черном море: средообразующая и экологическая роль / Под ред. Г.Г. Поликарпова. Севастополь: НПЦ "ЭКОСИ-Гидрофизика". - 2011. - 405 с.

Malakhova T.V., Egorov V.N., Malakhova L.V., Artemov Y.G., Evtushenko D.B., Gulin S.B., Kanapatskii T.A., Pimenov N.V. Microbial processes and genesis of methane gas jets in the coastal areas of the Crimean Peninsula. Microbiology (Mikrobiologiya). - 2015. - Vol. 84, No. 6. - P. 838–845.

Малахова Т. В., Евтушенко Д. Б., Баяндина Ю. С. Струйные метановые газовыделения: метод регистрации и компьютерного анализа пузырьковой разгрузки дна //Pontus Euxinus 2015:. – 2015. – С. 106-107.

Budnikov A. A., Malakhova T. V., Ivanova I. N., et al. Application of a Passive Acoustic Method for Detection and Estimation of Shallow-Water Bubble Gas Emissions. Moscow University Physics Bulletin. - 2020. - Vol. 74, No. 6. - P. 690-696. DOI: 10.3103/S0027134919060109

К ВОПРОСУ О ДИНАМИКЕ БЕРЕГОВ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Санин Александр Юрьевич[1]

[1] *Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова, Росгидромет, Москва, Россия*

Введение

Динамика берегов крупных водохранилищ по многим параметрам сходна с динамикой берегов крупных озер (исключая первые десятилетия существования водохранилищ, во время которых абразионные процессы особенно активны), в чем-то схожа и с динамикой морских берегов. Для берегов созданного в середине XX века Волгоградского водохранилища на ряде участков характерны активные абразионные и склоновые процессы, существенную роль в балансе наносов играет материал, поступающий по многочисленным эрозионным формам разного порядка (промоины, овраги, балки).

Берега внутренних водоемов имеют важную роль для страны, т.к. немалая часть характеризуется высокой степенью освоенности и значительной хозяйственной активностью. Периметры берегов только крупных водохранилищ суммарно составляют 64100 км (Хабидов ,2009).

Для управления природопользованием на берегах водохранилища необходимо учитывать природные процессы, для него характерные, в частности, динамику берегов и сопряженные с ней склоновые и эрозионные процессы. По некоторым оценкам, активно разрушается не менее 36% берегов крупных водохранилищ (Хабидов, 2009). Это объясняется несколькими причинами. Одна из них- сравнительно малое время существования водохранилищ и их берегов, которые еще не успели пройти все стадии своего развития, профиль их подводного берегового склона, как правило, довольно далек от профиля равновесия, что обуславливает активность абразионных процессов. Среди других причин можно выделить довольно высокие волны, характерные для крупных водохранилищ, течения, удаляющие поступающий при абразии берегов материал, и наконец «податливость» берегоформирующих пород к абразионным процессам. Абразионные процессы, характерные для берегов крупных внутренних водоемов, рассмотрены на примере Волгоградского водохранилища.

Актуальность исследования

Длина Волгоградского водохранилища составляет 540 км, максимальная глубина 41 м, средняя 10 м, средняя ширина водоема- 5,8 км. Водохранилище было создано в 1958 году, наиболее активный размыв его берегов пришелся на первые 10-15 лет его существования, что типично для крупных равнинных водохранилищ. Длина берегов водохранилища после его окончательного заполнения водой к 1961 году составила 1990 км, к настоящему времени за счет выравнивания и отчленения узких заливов (как правило, представляющих собой затопленные эрозионные формы) их длина уменьшилась примерно на треть, что типично для водохранилищ (Филиппов, 2001). По некоторым данным, она составляет 1400 километров, из которых 1050 км подвержены абразии (Малик, 2003). В других источниках приводится цифра 1416 километров, из которых абразии подвержено 1050 км (Филиппов, 2001).

Фундаментальные причины актуальности изучения динамики берегов Волгоградского водохранилища.

1. Водохранилище является классическим примером крупного внутреннего водоема, для которых выделяют сложные зависимости между климатом, в частности, скоростями и направлениями ветров, конфигурацией береговой линии, размерами водоема и его глубинами, характеристиками берегоформирующих пород и высотой берегового уступа, впадающими реками, характером подводного берегового склона, с одной стороны, и динамическими процессами, свойственными для берегов- с другой. Последние, в свою очередь, оказывает существенное влияние на хозяйственное использование берегов, но и сами в какой-то степени зависят от видов деятельности человека и их интенсивности.

2. Опыт изучения динамики берегов Волгоградского водохранилища может быть использован для других водоемов со схожими морфометрическими характеристиками, в частности, для водохранилищ на реках Волга, Кама, Днепр, Дон, Обь, Енисей, Ангара, притоках Лены и Амура, зарубежных водохранилищ, крупных озер и т.д. В свою очередь, представляется – что отмечается и в литературе (Филиппов, 2001)- актуальным и перенос опыта изучения динамики берегов прежде всего на схожие по морфометрическим и климатическим характеристикам Куйбышевское и Саратовское водохранилища.

Прикладные причины изучения динамики берегов Волгоградского водохранилища

1. Исследуемый участок, по сути, является ближним пригородом городов Волгограда и Волжского, представляет интерес для рекреантов благодаря своему расположению и наличию пляжей. В силу климатических причин и высокого рекреационного потенциала водохранилища в целом для указанных регионов купально-пляжная рекреация имеет достаточно высокую актуальность.

2. При неблагоприятном стечении обстоятельств (например, одновременном воздействии одного или тем более нескольких негативных факторов, которые активизируют абразию из следующих: повышение уровня водохранилища, усиление ветра и волнового воздействия, изъятия грунта в береговой зоне) в долгосрочной перспективе волновое воздействие может создать угрозу жилым домам смежного с ключевым участком села Верхнепогромного и его улицам.

3. Динамика берегов влияет на условия судоходства, в особенности определяет возможность или невозможность подхода судов к берегу. В литературе отмечена важность грузовых и пассажирских перевозок по воде вдоль берега в силу отсутствия железной дороги на левом берегу и сравнительно слабого уровня развития сети автомобильных дорог (Филиппов, 2001). В последние годы существования СССР одной из причин прекращения перевозок в регионе стала невозможность подхода судов к берегу вследствие прекращения выполнения дноуглубительных работ.

4. Интенсивность абразионных процессов оказывает влияние и на качество вод водохранилища, что было показано на примере Онежского озера (Санин, Строков, Терский, 2020). Загрязняющие вещества, снижающие качество вод, могут поступать как из природных, так и из антропогенных источников, в том числе и с абразионными процессами.

Результаты и их обсуждение

Сотрудниками Государственного океанографического института им. Н.Н. Зубова были проведены исследования динамических процессов на берегу в районе с. Верхнепогромное, расположенного примерно в 30 километрах выше плотины Волжской ГЭС на левом берегу водохранилища. Данный участок можно рассматривать как ключевой, типичный для левобережья. Для него характерна средняя скорость отступания берегов примерно метр в год, существенные внутренние различия, обусловленные, в частности, различной высотой

берегового уступа, интенсивностью склоновых процессов, наличием или отсутствием малых эрозионных форм. Различия выражаются в ширине пляжей, интенсивности зарастания берега растительностью и в некоторых других характеристиках берега и прибрежной зоны. Различия в плотности берегоформирующих пород обуславливают неоднородное строение берегового уступа, причем неоднородность ему свойственна как по горизонтали, так и по вертикали.

Отмечено чередование эрозионных и аккумулятивных участков берега, последние определяются по пляжам и отмелям, ширина которых –от нескольких метров до первых десятков метров. Как правило, пляжи и отмели сопряжены с малыми эрозионные формами-промоинами и небольшими оврагами, по которым в водохранилище выносится материал- но часто смещены на несколько метров или десятков метров по течению вниз. Скорость течения реки после создания водохранилища снизилась, однако генеральное направление течения остается с севера на юг, что определяет форму выступов пляжа, а также отмелей.

Для берегового уступа характерно проявление склоновых процессов: формируются блоки отседания, имеет место делювиальный смыв, образуются различные эрозионные формы. Многочисленные блоки отседания, а также, по-видимому, обвальные и оползневые процессы приводят к тому, что линия берегового уступа приобретает изрезанный характер, что хорошо видно на рисунке 1. На ней просматривается даже неровности, напоминающие плохо выраженные обвальные или оползневые цирки.

Часть эрозионных форм, в том числе и те, которые слабо выражены, к настоящему времени не достигли даже в своей устьевой части местного базиса эрозии – уровня воды в Волгоградском водохранилище, их устья «нависают» над пляжем на склоне берегового уступа. Существование таких форм объясняется, по-видимому, низкими темпами донной эрозии, им свойственной, и молодостью самого водохранилища. Следовательно, в краткосрочной и среднесрочной перспективе ожидается продолжение активного, пусть и не очень быстрого, развития данных форм, по меньшей мере, продолжение их врезания для достижения базиса эрозии. По всей видимости, приток наносов заметно усиливается за счет наличия распаханных полей, которые подступают на 150-200 метров к берегу реки. Распашка территории провоцирует активизацию линейной и плоскостной водной эрозии, а также ветровой. По руслам эрозионных форм наносы поступают в реку, что сдерживает процессы абразии и размыва берега напротив них.

Рисунок 1. Типичный участок береговой линии водохранилища в пределах ключевого участка.

Вид сверху	Вид снизу
	

Восстановление размытых после штормов пляжей на водохранилищах происходит медленно (Хабидов, 2009), что снижает эффективность пляжей как природных образований, сдерживающих абразионные процессы. Следовательно, даже те участки берега, для которых

в настоящее время характерны пляжи, являются потенциально абразионными. Для исследуемого участка, исходя из анализа разновременных космических снимков, зафиксировано исчезновение сплошного пляжа и преобразование его в фрагментарный, прерывистый, в 2012 году или значительное сокращение его ширины. Это может быть связано как с сильными штормами, так и изменчивостью уровня воды в водохранилище, колебания которого могут достигать метра (Филиппов, 2001).

Заключение

- Исследуемый участок берега по своим динамическим процессам и по их интенсивности является типичным для левого берега Волгоградского водохранилища. Практически на всем его протяжении имеют место абразионные процессы, однако часто их интенсивность сдерживается аккумулятивными формами.
- Интенсивность процессов абразии и аккумуляции в пределах участка достаточно сильно различается, и зависит от рельефа подводного берегового склона, который определяет интенсивность волнового воздействия, конфигурации береговой линии, ширины пляжа, высоты берегового уступа, устойчивости берегоформирующих пород к волновому воздействию, интенсивности склоновых процессов, в частности, от объемов грунта, поступающего к подножью берегового уступа в ходе осыпных процессов или с блоками отседания. Наконец, на интенсивность абразионных процессов влияет расположение примыкающих к береговой линии эрозионных форм и интенсивность их развития, так как материал, который из них выносится на подводный береговой склон, способствуют его выполаживанию, что снижает интенсивность волнового воздействия.
- Анализ ретроспективных карт и данных дистанционного зондирования за период 1980-2019 гг. показал, что за этот период берег отступил на 30-40 метров, следовательно, его скорость отступания составляет в среднем 1 метр в год, что в несколько раз меньше, чем в первые годы существования водохранилища. Анализ карт и снимков позволил сделать вывод о значительном увеличении количества эрозионных форм за этот период.
- Наличие общего прогноза Филиппова О.В. по динамике берегов Волгоградского водохранилища (Филиппов, 2001) в целом, результаты полевых исследований и анализ динамики берегов других водохранилищ и морей позволяет сделать вывод о том, что текущая динамика берегов участка (в том числе и скорость их отступания) при неизменности или незначительной изменчивости внешних условий (силы ветрового волнения, уровня воды в водохранилище, объема наносов, поступающих с суши и соседних участков акватории и некоторых других) в целом в ближайшие десятилетия не претерпит существенных изменений. Берег и далее будет отступать со средней скоростью около 1 м в год, при этом внутренние различия интенсивности этого процесса сохранятся и с большой долей вероятности несколько усилятся.

Список литературы

1. *Малик Л.К.* Неблагоприятные геоморфологические процессы, возникающие в связи с созданием подпорных гидротехнических сооружений. //Геоморфология. - 2003. - №3. С.26-35.

2. *Санин А. Ю., Строков А. А., Терский П. Н.* К вопросу о влиянии природных процессов на качество вод на примере Онежского озера // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. — 2020. — Т. 65, № 1. — С. 146–171

3. *Филиппов О.В. Плякин А.В. Золотарев Д.В.* Мониторинг разрушения берегов как инструмент управления береговой зоной Волгоградского водохранилища. /Эколого-экономическая безопасность региона Нижнего Поволжья. Волгоград, ВолГУ, 2001. 108 с.

4. *Хабидов А.Ш., Леонтьев И.О., Марусин К.В.* и др. Управление состоянием берегов водохранилищ. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2009. 239 с.

Гидрология

Стендовые доклады

ИЗМЕНЧИВОСТЬ БУДУЩЕГО СТОКА РЕКИ ЛЕНЫ

Калугин Андрей Сергеевич
Институт водных проблем РАН, Москва

Исследование проведено для крупного арктического бассейна р. Лены (2.49 млн. км^2), водный режим которой характеризуется высоким весенним половодьем, летними и осенними паводками и низкими зимними уровнями воды.

Данные и методы

Оценка изменений водного режима рек проведена на основе расчетов по гидрологической модели с использованием данным глобальных моделей климата. На базе комплекса ECOMAG была построена модель формирования стока в бассейне Лены, которая учитывает все основные процессы гидрологического цикла с суточным шагом по времени. Модель разработана на основе глобальных баз данных о подстилающей поверхности и в отличие от ранней версии модели с использованием отечественных баз данных [Gelfan et al, 2017] содержит метеорологическое информационное обеспечение (температура и влажность воздуха, осадки) по 203 метеостанциям.

Поскольку климатические модели ориентированы на воспроизведение метеовеличин за большие временные интервалы, ниже представлены результаты соответствия рассчитанных среднемесячных и среднегодовых значений расходов воды фактическим по модели формирования стока в бассейне Лены с использованием критериев Нэш-Сатклифа (NSE) и относительной ошибки расчета стока (BIAS). Калибровка и верификация параметров модели проводилась для периодов 1994-2003 и 2004-2013 гг. соответственно.

Для оценки гидрологических последствий изменения климата в рассматриваемом бассейне привлечены данные о приземных полях метеорологических характеристик, рассчитанных по ансамблю из четырех (GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR, MIROC-ESM-CHEM) глобальных климатических моделей (GCMs – General Circulation Models) CMIP5 по результатам проекта ISIMIP (Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project) [https://www.isimip.org/] за исторический период, а также проекции климата до конца XXI века по сценариям RCP 2.6 и RCP 6.0 [Frieler et al, 2017]. В качестве базового исторического периода принят последний тридцатилетний период XX века 1970-1999 гг. Рассчитанные по климатическим моделям ряды среднесуточных метеорологических величин за исторический период задавались в качестве входных данных в модель формирования стока в бассейне Лены, с помощью которой вычислялись характеристики водного режима в условиях современного климата. Рассчитанные характеристики годового и сезонного стока сравнивались с полученными ранее по данным фактических метеорологических наблюдений на метеостанциях.

Затем были оценены среднеансамблевые аномалии речного стока (в процентах) в течение XXI века относительно величин, определенных за исторический период. Расчеты были проведены по каждой из четырех GCMs, после чего проводилось усреднение по ансамблю для каждого RCP-сценария и тридцатилетнего периода, соответствующего середине (2036-2065 гг.) и концу (2070-2099 гг.) XXI века.

С целью определения тенденции изменения высокого и низкого стока Лены были построены кривые продолжительности среднесуточного стока для исторического периода, на середину и конец XXI века при реализации сценариев RCP 2.6 и RCP 6.0. Сравнение среднесуточного стока различной повторяемости проведено с использованием боксовых

диаграмм. Оценка изменения вероятности экстремально высокого и низкого годового и сезонного стока рек проведена по кривым обеспеченности для фазовооднородного стока.

Результаты и обсуждение

Значения статистических критериев соответствия смоделированных и фактических среднемесячных и среднегодовых значений расходов воды для замыкающего створа Лены за период калибровки составили NSE 0.95 и BIAS -7%, верификации модели – NSE 0.96 и BIAS -3%. Погрешность расчета среднемноголетнего стока Лены за исторический период 1970-1999 гг. составила -2% по сравнению с наблюденным.

Оценка воспроизведения GCMs современного климата проводилась путем сопоставления имеющихся данных расчетов по климатическим моделям с данными станционных метеорологических наблюдений. Сезонный ход температуры воздуха воспроизводится климатическими моделями наиболее точно. По осадкам отмечено завышение величин по GCMs в зимний период на 14% и занижение в период с июня по сентябрь на 3%. По данным GCMs величина дефицита влажности воздуха завышена в наиболее теплые месяцы (июль, август) на 9%. Для р. Лены характерно завышение стока по данным GCMs в наиболее полноводный месяц (июнь) на 10%. Относительная погрешность расчета нормы годового стока по данным ансамбля глобальных моделей климата по сравнению с расчетом по данным метеорологических наблюдений составила 4%.

Оценка климатически обусловленных аномалий среднегодового и сезонного стока Лены в середине (2036-2065 гг.) и конце (2070-2099 гг.) XXI века относительно исторического периода показала следующие результаты. Согласно сценарию RCP 2.6 к середине XXI века увеличение среднемноголетнего стока Лены составит 12%, к его концу 18%; по RCP 6.0 – 14% и 23% соответственно. Наибольшие (в процентном соотношении) изменения водности в XXI веке характерны для периода весеннего половодья по обоим сценариям. Летне-осенний и зимний сток Лены имеет положительную динамику. Оценивая разницу в изменениях стока между RCP-сценариями, можно отметить значительное увеличение аномалий весеннего и зимнего стока Лены по RCP 6.0 к концу века.

Оценка временного хода аномалий годового и сезонного стока в течение XXI века относительно исторического периода по построенным тридцатилетним скользящим средним проекций изменения стока для RCP-сценариев показала следующие результаты (рис. 1). Среднегодовой сток Лены постепенно растет в течение всего периода по обоим RCP-сценариям с некоторым замедлением его темпов в начале второй половины столетия. Весенний сток в первой половине XXI века увеличивается по двум сценариям, затем по RCP 2.6 изменение водности прекращается, а по RCP 6.0 рост стока продолжается. Сток в летне-осенний период увеличивается в течение всего периода, но если в первой половине века превалирует RCP 6.0, то во второй RCP 2.6. Зимний сток сохраняет практически постоянную величину роста в течение всего столетия, при этом сценарию RCP 6.0 соответствуют бóльшие значения.

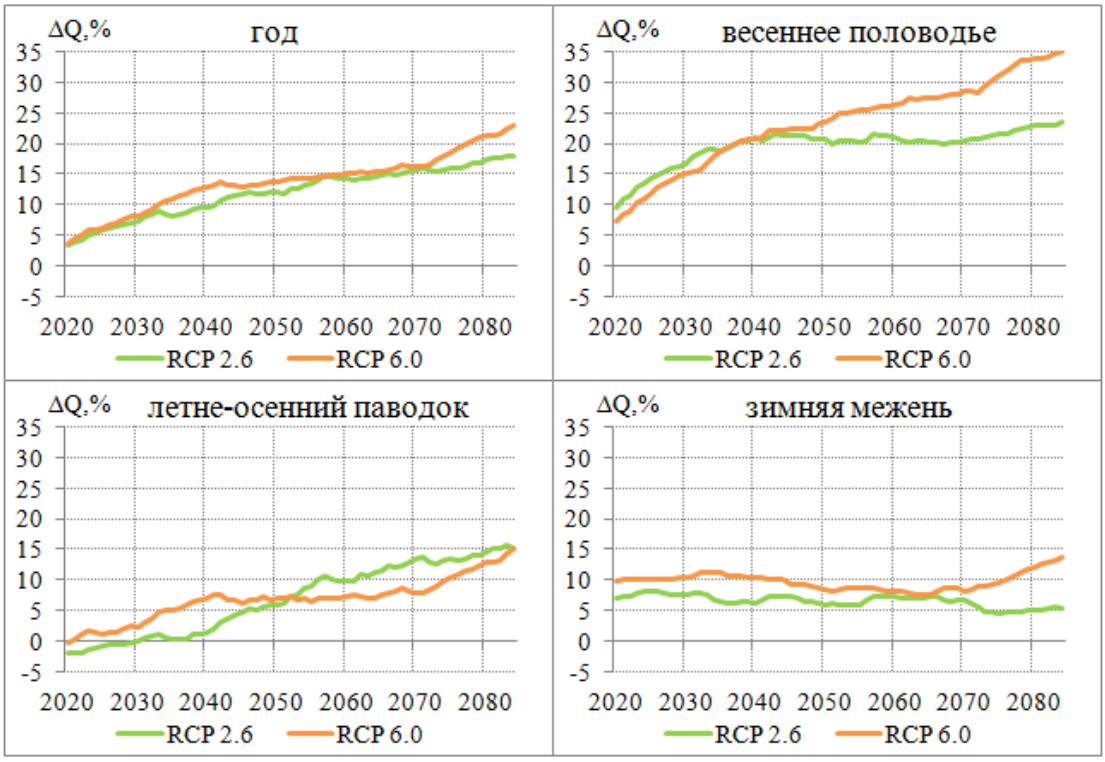


Рис. 1. Тридцатилетнее скользящее среднее изменения (в %) годового и сезонного стока Лены в XXI веке при реализации сценариев RCP 2.6 и RCP 6.0 относительно исторического периода.

Сравнение среднесуточного стока различной повторяемости показало, что по высокому стоку (Q_{10}) на Лене ожидается увеличение на 9–14%, а по низкому (Q_{90}) на 2–4% в зависимости от сценария и периода XXI века (рис. 2). Частота событий высокого стока Лены значительно возрастет к концу XXI века относительно базового периода по сценарию RCP 2.6 в летне-осенний период, а по RCP 6.0 как для годового стока, так и для всех фаз водного режима. Частота событий низкого стока Лены в XXI веке существенно уменьшится, как для годового стока, так и для всех фаз водного режима по обоим RCP-сценариям.

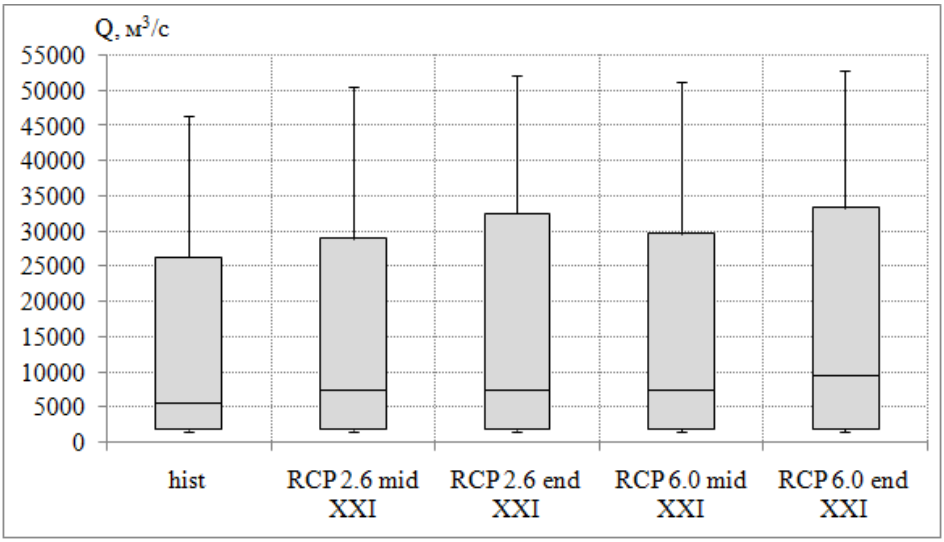


Рис. 2. Среднесуточный сток Лены различной повторяемости (Q_{10}, Q_{25}, Q_{50}, Q_{75}, Q_{90}) за исторический период и в середине/конце XXI века при реализации сценариев RCP 2.6 и RCP 6.0.

Заключение

На основе расчетов по региональной модели формирования стока, разработанной на базе комплекса ECOMAG с применением глобальных баз данных о подстилающей поверхности и данным сети мониторинга на метеостанциях, с использованием данных ансамбля моделей общей циркуляции атмосферы и океана CMIP5 была проведена оценка внутригодовых изменений стока, а также экстремально высокого и низкого годового и сезонного стока Лены в течение XXI века при различных RCP-сценариях по сравнению с историческим периодом. Гидрологическая модель с суточным расчетным шагом по данным моделей климата успешно воспроизводит среднемноголетний годовой и сезонный режим стока Лены. Возможный рост годового стока Лены в XXI веке составит 12-23% в зависимости от RCP-сценария. Наибольшие (в процентном соотношении) изменения водности в XXI веке характерны для периода весеннего половодья. Полученные результаты расчета высокого и низкого стока показывают, что вероятность событий многоводных лет и наводнений на Лене возрастет, в то время как вероятность маловодных лет и гидрологических засух уменьшится.

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых (проект МК-1753.2020.5).

Список литературы

Frieler K., Lange S., Piontek F., Reyer C.P.O., Schewe J., Warszawski L. Assessing the impacts of 1.5°C global warming – simulation protocol of the inter-sectoral impact model intercomparison project (ISIMIP2b) // Geosci. Model Dev. – 2017. – Vol.10, No. 12. – P. 4321–4345.

Gelfan A., Gustafsson D., Motovilov Y., Arheimer B., Kalugin A., Krylenko I., Lavrenov A. Climate change impact on water regime of two great arctic rivers: modeling and uncertainty issues // Clim.Change. – 2017. – Vol.141, No. 3. – P. 499–515.

https://www.isimip.org/

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ЗИМНЕГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПРИЛИВНЫХ УСТЬЕВ РЕК ТЕРСКОГО БЕРЕГА БЕЛОГО МОРЯ НА ПРИМЕРЕ РЕК УМБА И КУЗРЕКА

Смирнова Дарья Алексеевна, Шишов Андрей Александрович, Василенко Александр Николаевич, Ефимов Василий Антонович, Агафонова Светлана Андреевна
МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва

Изучение гидрологического режима приливных устьев рек имеет большое значение для хозяйственной деятельности и жизни местного населения. Реки Терского берега Белого моря богаты рыбой: проходным лососем и семгой, они используются для промышленной и спортивной рыбной ловли. Бассейны рек Терского берега слабо подвержены антропогенному загрязнению. Поступление сточных вод носит локальный характер и, в основном, связано со сбросами коммунально-бытовых стоков с территории частных домохозяйств. Наиболее значительная антропогенная нагрузка свойственна р. Умба, поскольку в оз. Умбозеро, являющееся истоком реки могут поступать сбросы шахтных вод с предприятий, расположенных в долине р. Вуоннемйок Хибинского горного массива, однако существенных превышений ПДК в нижнем течении реки не зафиксировано. Устьевые области рр. Умба и Кузрека представляют собой открытые эстуарии фьордового типа с V-образными террасированными долинами. Среднемноголетний расход воды р. Умба составляет 79,8 $м^3/с$ (годовой сток ~ 2,52 $км^3$/год), сток реки сильно зарегулирован крупным озером Умбозеро и большим количеством озер, расположенных в системе реки и ее притоков. Среднемноголетний расход воды р. Кузрека составляет 2,8 $м^3/с$ (годовой сток – 0,09 $км^3$/год).

Данные и методы

Данная работа направлена на выявление основных характеристик гидролого-морфологических процессов в приливных устьев Умбы и Кузреки в зимний период. Исходными данными послужили результаты экспедиционных исследований, проводившихся зимой 2020 г. Также использовались данные о расходах и уровнях воды на посту р. Умба - пор. Паялка, данные мареографа и предвычисленные приливы малая Пирья губа - ГМС Умба.

Программа работ включала ледомерные съемки, измерения температуры воды и электропроводности, уровней воды, скоростей течения и отбор проб воды для химического анализа. Полевые работы проводились в фазу зимней межени, расход воды р. Умба по данным измерений 31 января 2020 г. составил 48,2 $м^3/с$.

Наблюдения за уровнями воды производились автономными регистраторами гидростатического давления и температуры воды (логгерами) Keller DCX-22 на р. Умба (0,2 км и 2,1 км от устьевого створа) и SolinstLeveloggerEdge M5-M10 model 3001 на р. Кузрека (0,5 км и 2,0 км от устьевого створа). Показания записывались с временным интервалом 5 мин. Для определения изменений уровня воды результаты записи регистраторов корректировались по данным об атмосферном давлении с ближайших метеостанций. Для привязки уровней к Балтийской системе высот были проведены геодезические работы с приемниками глобальной навигационной спутниковой системы (в режиме статики) и нивелирный ход. Съемка температуры и электропроводности на р. Кузрека проводилась приборами YSIPro1030 и MARK-603. Электропроводность больше 1000 мкСМ/см была пересчитана в соленость. Температура на р. Умба измерялась с помощью самописцев логгеров.

Результаты

Зима 2019–2020 гг. была очень теплой, в результате к началу экспедиции сплошного ледяного покрова в устьях исследуемых рек не наблюдалось. В последних числах января толщина льда на р. Кузрека ниже моста достигла 10–12 см, на р. Умба в 2 км от устьевого створа сформировалась ледяная перемычка.

Для устьев рр. Умба и Кузрека характерны полусуточные приливы с периодом чуть больше 12 часов. На р. Умба величина прилива в створах 0,2 и 2,1 км составила по данным измерений 1,1-1,2 м (рис. 1, 2), время достижения максимальных значений отличалось всего на 10 минут. Приливные волны симметричны: разница подъема и падения уровня 30 мин (3 февраля - 6 ч 5 мин и 6 ч 35 мин соответственно). Разница между предвычисленными и фактическими значениями составила менее 10 см, фактические пики наступали на 10–20 минут позже расчетных.

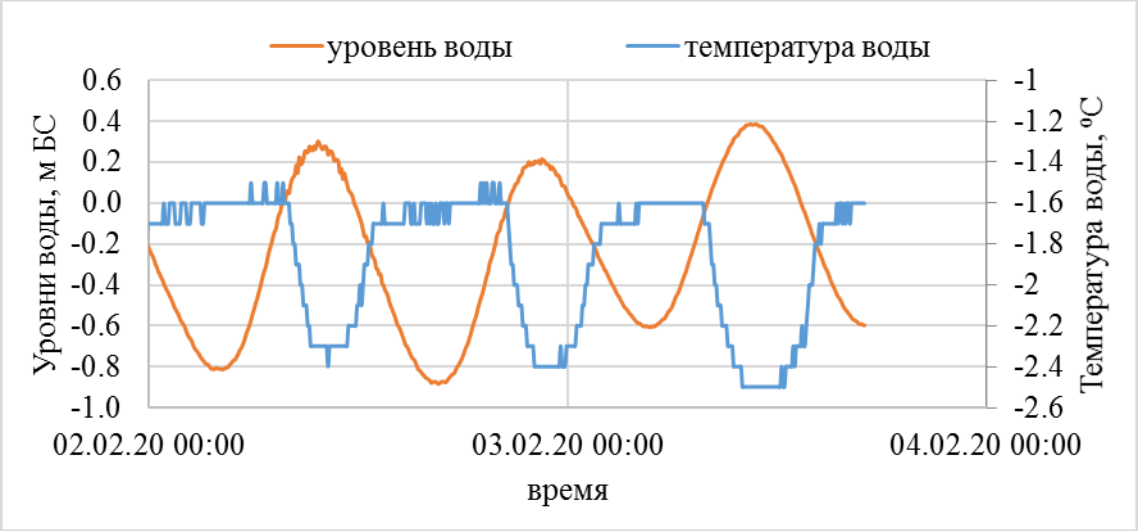


Рисунок 1 – Температура и уровни воды в 0,2 км выше устьевого створа Умбы

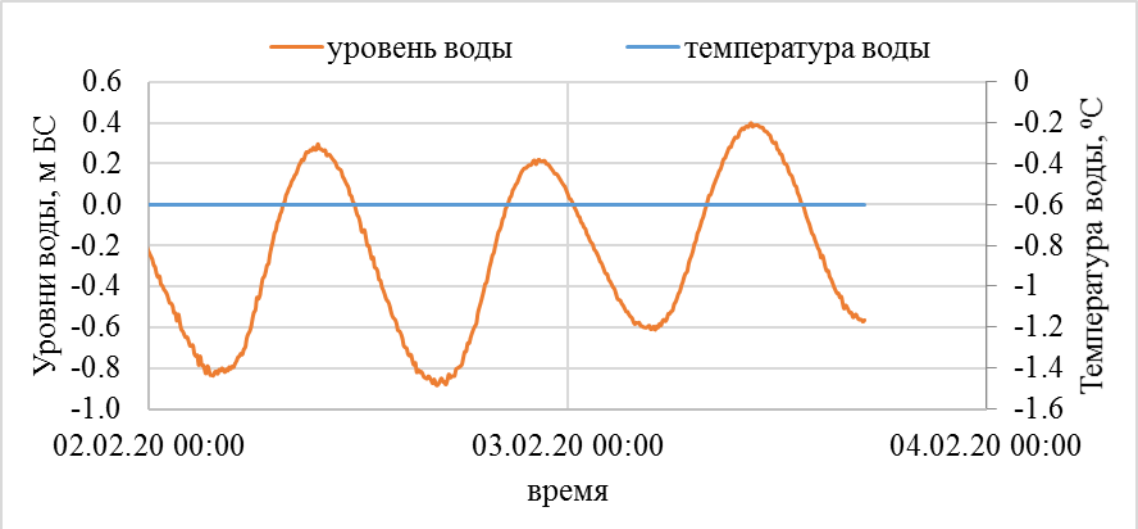


Рисунок 2 – Температура и уровни воды в 2,1 км выше устьевого створа Умбы

На р. Умба на расстоянии 0,2 км от устьевого створа наблюдалась обратная зависимость между температурой и колебанием уровня. Она изменялась в пределах от -2,3° до -1,7°С. Минимальные значения достигались при максимальном уровне. Соленость при этом составляла 23,5-24 епс. На расстоянии 2,1 км так же наблюдались колебания уровня, но температура -0,6°С оставалась постоянной на протяжении всего периода измерений (рис.2).

Благодаря низким температурам воздуха в период экспедиции происходило формирование ледяного покрова на устьевом участке р. Умба. 27 января ниже моста наблюдались полосы нависших заберегов шириной до 10-20 м, к 29 января на участке 400 м ниже порога и в 500 м выше устьевого створа образовался несплошной ледяной покров, в левой протоке у берега сохранялась полынья.

На р. Кузрека характер приливных колебаний уровня отличается: приливы и отливы асимметричны (более 2 ч и чуть меньше 9 ч соответственно) (рис. 3). Размах колебаний меньше: 0,97 м в нижнем створе и 0,41 м – в верхнем. В нижнем створе, расположенном в зоне большего влияния моря, падение уровней воды наблюдается практически все время в фазу отлива, в отличие от верхнего. Каждый день полная вода наблюдалась на 1 ч 20 мин позже.

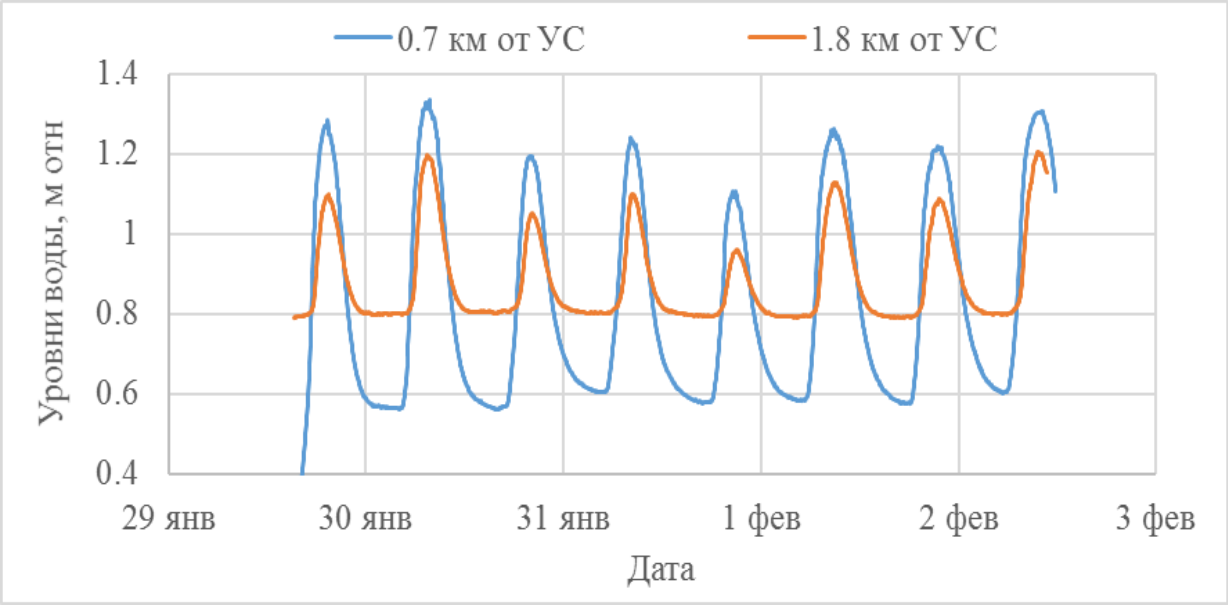


Рисунок 3 – График хода уровней воды р.Кузрека

Ледовые условия на устьевом участке Кузреки формировались в том числе под влиянием приливных колебаний уровней воды: лед здесь неоднородный, с наслудом, продольными трещинами и торосами. В 200 м от устьевого створа – мелкобитый лед, в устьевом створе – участки открытой воды. Под автомобильным мостом зафиксировано нагромождение льдин. Толщина льда ниже моста составила от 9 см до 17 см, выше моста – от 5 до 40 см, у берегов – до 1 м за счет снежного и наслудного льда.

Съемка гидрофизических характеристик в устье р. Кузреки 29.01 с 14:05 до 20:34 и 01.02 с 13:50 до 20:40 позволила получить представление о распространении осолоненных вод в прилив ниже автомобильного моста. Изменения температуры и солености происходили скачкообразно. 29 января за 30 мин между измерениями соленость воды увеличилась с 0 епс до 16,5 епс, температура воды опустилась с 0,05°С до -0,9°С. По результатам измерений электропроводности была посчитана скорость распространения приливной волны – 0,13 м/с.

Значения величины pH для рек Терского берега составляют 6,7 - 6,9, что соответствует слабокислой реакции среды. Минерализация пресных вод рек составила от 5 до 100 мг/л. Воды ультрапресные, смешенного типа. Результаты солевого анализа для рр. Умба и Кузрека представлены на рис. 4. Смешенный состав вод в устьевой зоне обусловлен сильным влиянием локальных факторов, таких как близость к морю и к населённому пункту и состав пород водосбора, для Кузреки – проникновением солёных морских вод выше порога у а/д моста. Очень низкие значения минерализации и кислые значения pH способствуют уменьшению доли HCO_3. Содержание биогенных элементов в водах исследуемых рек в зимний период

низкое, поскольку практически отсутствует поступление с водосбора. Воды всех рек хорошо аэрированы. Определение кислорода с помощью оксиметра YSIProODO показало содержание более 13,6 мгО/л (92 % нас.). Мутность воды имеет очень низкие концентрации и составляет около 0,08 г/л, цветность – 27-38^0.

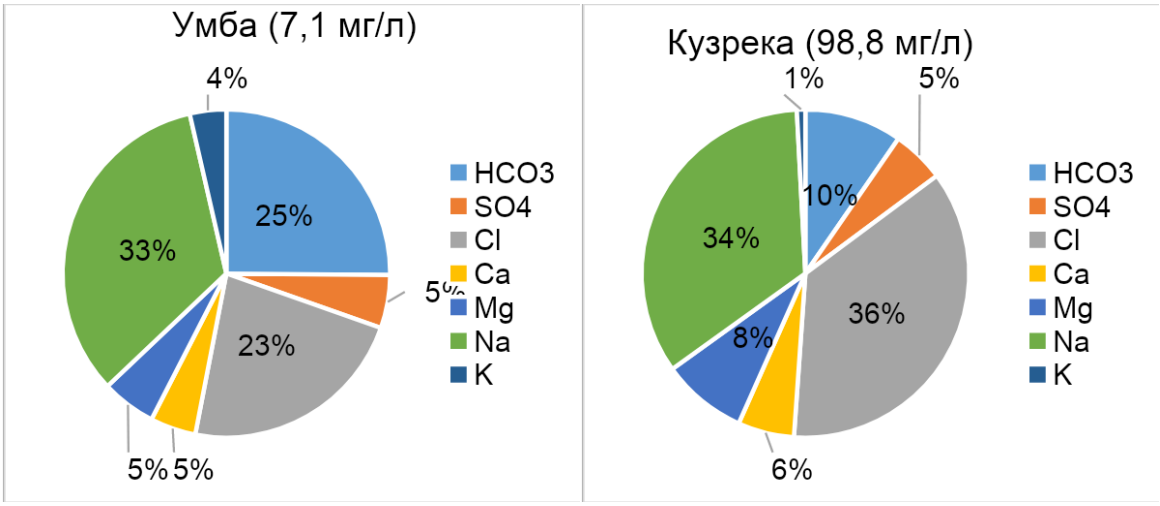


Рисунок 4 – Общий солевой состав вод рек Умба и Кузрека по данным экспедиции

Заключение

Зима 2019-2020 гг. характеризовалась многократными переходами температуры воздуха через 0°С в сторону положительных значений. На момент начала экспедиции на р. Умба в устьевой области не установился сплошной ледяной покров, что сказалось на возможностях проведения измерений. Программа работ корректировалась с учетом погодных условий, ледовой обстановки и возможности выхода на лед по ледовым условиям.

Влияние Белого моря на режим устьев рек выражено в изменении уровней, расходов воды, скоростей течения, характеристик ледяного покрова и гидрохимических характеристик. Рассматриваемые реки существенно различаются по характеру проникновения приливов.

На Умбе разница между величиной приливов на 2-х створах составила 3 – 4 см, малые и полные воды зафиксированы одновременно, то есть прилив на устьевом участке Умбы не трансформируется. Величина прилива составляла 1,1 – 1,2 м. На участках проникновения соленых воды была зафиксирована обратная зависимость между уровнем воды и температурой. Отсутствие изменений температуры о время приливных циклов говорит об однородном перемешивании. На Кузреке приливная волна в обоих створах сильно асимметрична, с непродолжительным временем роста уровней воды. В верхнем створе в период отлива в последние 4-5 часов уровень воды стабилен и, вероятно, обусловлен только речным стоком, то есть прилив влияет на режим уровней воды не все время.

Установлены возможные границы проникновения осолоненных вод: порог на р. Умба и мостовой переход на р. Кузрека. Для условий, сложившихся 01.02.2020, на р. Кузрека на основе полученных данных была вычислена скорость вечернего прилива, она составила 0,13 м/с.

Воды рек Терского берега в зимний период маломинерализованны, имеют слабокислые значения pH. В приустьевых областях наблюдается смешенный состав вод. Превышений ПДК и заморных явлений не отмечено. Бассейны рек Терского берега слабо подвержены антропогенному загрязнению, характеризуются загрязненностью по единичным ингредиентам и показателям качества вод. Поступление сточных вод носит локальный характер и, в основном, связанно со сбросами коммунально-бытовых стоков с территории частных домохозяйств.

ИССЛЕДОВАНИЯ СВЯЗИ ТЕРМИЧЕСКОГО И ЛЕДОВОГО РЕЖИМОВ РЕК РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ ПО ДАННЫМ МНОГОЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ.

Василенко Александр Николаевич[1], Агафонова Светлана Андреевна[1], Фролова Наталья Леонидовна[1]

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

Введение

Ледовый и термический режим рек принято рассматривать отдельно друг от друга, хотя и существует ряд работ, а также методик прогнозов ледового режима, связывающие тепловой баланс рек переходных сезонов и сроки наступления ледовых явлений [Шуляковский, 1960, Налимов, 1990]. Однако, разработанные методики прогнозов широкого развития не получили. При этом, в программу работ гидрологических станций и гидрологических постов включено определение сроков переходов температур воды через 0,2℃.

В нашей работе предпринята попытка определения характеристик связи сроков переходов температур воды через 0,2℃ и сроков наступления характеристик ледового режима рек, как в весенний, так и в осенний периоды.

Данные и методы

проведены оценки связи между собой следующих характеристик: даты осенних и весенних переходов температур воды через 0,2℃ (данные публикуются в изданиях ГВК (ГВР) с 1966 г.), средние месячные температуры воды за каждый месяц с апреля по ноябрь (℃), даты появления льда, даты установления ледостава, даты конца ледостава (последнего дня ледостава), даты вскрытия (начала ледохода), даты очищения ото льда, продолжительности замерзания, продолжительности весеннего ледохода и продолжительности ледостава.

Исследование проводилось на основании данных по всем указанным характеристикам за период с 1966 по 2017 г. полученных с 27 гидрологических постов в различных частях арктической зоны России: 9 постов относятся к Кольскому полуострову, 10 – к северу Западной Сибири, по 1 посту на рр. Онега, Енисей, Хатанга, Анабар, Лена, Яна, Индигирка, Колыма; 2 поста на р. Оленек. Большая часть постов является замыкающими для своих водосборов либо расположены в низовьях рек, большая часть рек впадает непосредственно в моря. Выбор участков был обусловлен в первую очередь полнотой данных как о сроках переходов температур воды через 0,2℃, так и о сроках наступления различных фаз ледового режима. Кольский полуостров и север Западной Сибири были рассмотрены более подробно, как регионы имеющие высокий потенциал для интенсификации освоения в ближайшие десятилетия в силу обнаружения значительных запасов полезных ископаемых и существующей транспортной инфраструктуры.

Результаты. Связь сроков перехода температуры воды через 0,2℃ и даты появления льда

Анализ связи дат перехода температур воды через 0,2℃ и дат начала различных фаз ледового режима показывает, что температура воды переходит через 0,2℃ осенью после появления льда на реках в форме заберегов или шугохода более чем в 50% лет практически на всех гидрологических постах, кроме «Колыма-Колымское» (36%) и «Пур-Самбург» (47%). Наиболее высокая повторяемость переходов температур воды через 0,2℃ после появления льда наблюдается на гидрологическом посту «Кола-1429 км Октябрьской ж/д» (88%), по всей видимости в связи со значительным поступлением подземных вод в районе гидрологического поста. Период остывания водных масс реки от момента появления ледяных образований в среднем длится на рассматриваемых реках в пределах 11-17 дней на севере ЕТР и в пределах 7 дней на севере азиатской части России. Продолжительное

остывание может быть обусловлено 2 причинами. Во-первых, субмеридианальным течением большинства рассматриваемых рек с юга на север. В этих случаях происходит приток более теплых вод с верхних и средних участков русловых сетей бассейнов. Во-вторых, большим количеством озер и болот в бассейнах, в том числе в истоках рек, а также в поймах рек. Для севера ЕТР более длительное остывание обусловлено также более частыми оттепелями в осенний период.

Появление льда происходит в день перехода температур воды через 0,2°С с частотой от 3% (Кола-1429 км Октябрьской ж/д), до 43% (Пур-Самбург). Повторяемость выше 20% наблюдается только на гидрологических постах на р. Варзуга на юге Кольского полуострова, на рр. Пур, Надым, Полуй, Собь на севере Западной Сибири, на р. Хатанга, в низовьях рр. Индигирка и Колыма.

Появление льда происходит после перехода температур воды через 0,2 происходит с частотой от 2% (Индигирка-Чокурдах) до 27% (Поной-Каневка). Низкая повторяемость описываемого явления (менее 10%) наблюдается на участках рек с интенсивным грунтовым питанием либо расположенных в суровых климатических условиях севера Якутии (за исключением зарегулированной водохранилищами р. Колымы). Описываемая ситуация развивается при затяжном охлаждении приземного слоя атмосферы и водной массы реки, на которое могут накладываться оттепели. Период остывания водных масс реки от момента перехода температур воды через 0,2°С до появления первых ледяных образований длится в среднем на рассматриваемых реках в пределах 4-16 дней на севере ЕТР с максимальной продолжительностью в реках с большим количеством озерных участков в русле, с истоками из озер и со значительными поступлениями грунтовых вод; и в пределах 1-8 дней на севере азиатской части России с увеличением этого периода с востока на запад.

Результаты. Связь сроков перехода температуры воды через 0,2°С и установления ледостава

Установление ледостава происходит в среднем на большинстве рассматриваемых постов после осеннего перехода температур через 0,2°С. Случаи, когда температура воды переходит через 0,2°С после установления ледостава относятся к установлению несплошного ледостава с полыньями при большом притоке более теплых вод к речному участку. Для рассматриваемых гидрологических постов повторяемость подобных случаев составляет от 0% (рр. Колыма, Лена, Пур, Ныда, Поной) до 36% (Лотта-Каллокоски). Повторяемость более 10% наблюдается на 10 гидрологических постах, большая часть которых расположена на Кольском полуострове, на севере Центральной Сибири и в низовье р. Яны.

Переход температуры воды затягивается на срок до 18 суток после установления ледостава на р. Собь – г/п «Харп». Однако данный пост является исключением из общей тенденции территорий севера азиатской части России, на котором средняя продолжительность охлаждения водных масс реки после установления ледостава происходит в течение 1-7 дней. На севере ЕТР продолжительность этого периода изменяется от 6 (Ена- Ена) до 16 (Кола-1429 км Октябрьской ж/д) суток.

Установление ледостава реки в день перехода температур воды через 0,2°С никогда не происходит на рассматриваемых участках рр. Варзуга, Ена, Кица, Собь, Надым, Оленек. Повторяемость такой ситуации больше 10% наблюдается на участках рр. Кола, Сыня, Ныда, Пур, Пяку-Пур, Таз, Енисей, Хатанга, Индигирка. Таким образом, высокая повторяемость данной ситуации, в том числе самая высокая на р. Таз (50%) наблюдается на севере Западной и Центральной Сибири.

Установление ледостава после переходов температур воды через 0,2°С происходит в среднем в 79% случаев. Минимальное количество случаев отмечено на участке гидрологического поста р. Кола-1429 км Октябрьской ж/д (30%) На участках рек без интенсивного грунтового питания повторяемость рассматриваемой ситуации более 70%. Медианное значение повторяемости установления ледостава после перехода температур воды через 0,2°С составляет 82%. Продолжительность периода от перехода температур воды через 0,2°С до даты установления ледостава составляет от 5 до 22 суток на реках севера ЕТР

и от 3 до 10 суток на реках азиатской части, за исключением участка р. Собь в районе г/п «Харп» - 18 суток.

Результаты. Связь сроков перехода температуры воды через 0,2°С и даты начала ледохода

Начало ледохода происходит на большей части рассматриваемых рек после некоторого периода развития весенних ледовых явлений: закраин, разводий, воды на льду и.т.д.). Измерения температур воды на ряде гидрологических постов начинается еще во время фазы ледостава при неспошном ледоставе в закраинах. Либо, в полыньях, на участке гидрологического поста, не замерзающих всю зиму, как это происходит, например, на г/п «Умба-Паялка». В ситуациях с описанной ледовой обстановкой на реках возможны переходы температуры воды через 0,2°С до начала ледохода как в силу прогрева речных вод через пространства открытой воды, так и, с учетом субмеридианальности течения большинства рассматриваемых рек с юга на север, в силу притока более теплых вод с южных участков русловой сети, вскрывшихся ранее и, соответственно, более прогретых. Эти же процессы могут сформировать температуру воды 0,2°С в день вскрытия. В подобных гидрологических ситуациях должна увеличиваться роль теплопритока к ледяному покрову (и ледяным полям во время ледохода) снизу, способствующая его разрушению.

Повторяемость ситуаций с переходом температур воды через 0,2°С до начала ледохода варьирует по рассматриваемой территории в широких пределах от 0 до 89%. При этом продолжительность периода нагревания при наличии ледяного покрова на участке поста изменяется по всей территории в пределах от 0 до 6 суток. Характеристики описываемой ледотермической обстановки приведены в таблице ОО1.

Ситуации одновременного вскрытия рек и перехода температур воды через 0,2°С происходят с различной частотой, достигающей на гидрологическом посту «Пур-Самбург» 41%. На гидрологических постах «Кица-Лопарская» и «Оленёк-Таймылыр» такая ситуация не наблюдалась. Повторяемость выше 20% наблюдается на рассматриваемых участках рек Пур (среднее течение), Пяку-Пур, Надым, Ныда, Поной (среднее течение), Ена, Онега, Хатанга. Повторяемость на реках севера ЕТР по большей части участков находится в пределах 10-20%, на реках севера азиатской части России – в пределах 10%.

Повторяемость ситуаций перехода температур воды через 0,2°С в период ледохода также варьирует по территории в широких пределах. Мода повторяемости составляет 81%. Средняя по всем участкам составляет 44%. Минимальные значения повторяемости этой ситуации наблюдаются на участках рек севера Западной Сибири восточнее устья Оби. Повторяемость выше 90% наблюдается на рр. Оленек и в низовьях Яны. Выше 80% на рр. Варзуге, Соби, Енисее (низовья). Период прогрева длится в среднем 4 суток по всей территории. Исключение составляет участок гидрологического поста «Собь-Харп» 12 суток. Данный гидрологический пост характеризуется значительным притоком грунтовых вод.

Результаты. Связь сроков перехода температуры воды через 0,2°С и даты очищения ото льда

Ситуация перехода температур воды через 0,2°С раньше даты очищения ото льда происходит в среднем по всем участкам в среднем в 80% случаев. Минимальная повторяемость наблюдается на гидрологическом посту «Собь-Харп» 31%, максимальная – на гидрологическом посту «Умба-Паялка» 100%. Важно отметить, при этом, что на последнем гидрологическом посту в течение всей зимы наблюдается полынья. Низкая повторяемость (ниже 70%) наблюдается также на рассматриваемых участках рр. Варзуга (64%), Пур-Самбург (54%), Енисей-Игарка (61%), Анабар (64%), Оленек-Таймылыр (58%). На прочих рассматриваемых участках повторяемость нагрева речных вод до температуры 0,2°С во время ледохода составляет более 70%, с величиной моды в 93%. Продолжительность периода нагревания воды до 0,2°С в период ледохода составляет от 3 до 9 суток. Наибольший период нагревания на рассматриваемом участке р. Умба, наименьший – на участке р. Яна.

На рассматриваемых речных участках практически не наблюдается перехода температур через 0,2°С в период ледохода. Мода повторяемости такой ситуации равна 0%. Только на участке гидрологического поста «Пур-Самбург» рассматриваемая ситуация наблюдается в 40% случаев. Повторяемость 20-30% отмечается на участках рек Енисей и Хатанга. Повторяемость в пределах 10-20% отмечена на участках рек Ена, Онега, Обь, Собь, Полуй, Пяку-Пур, Анабар и Яна.

Повторяемость продолжительного прогрева речных вод до 0,2°С, продолжающегося после очищения реки ото льда происходит с частотой выше 10% исключительно на реках, перечисленных в выше. Из рек севера ЕТР это р. Варзуга. Из рек севера азиатской части России – рр. Собь, Енисей, Оленек, Яна. Продолжительность прогрева вод до температуры 0,2°С после очищения ото льда составляет от 1 до 9 дней. Мода продолжительности равна 1 суткам. Максимальная отмечается на участке р. Поной, по-видимому в силу поступления большого количества талых вод после прохождения ледохода.

Заключение

Рассмотренные данные показывают разнообразие связей ледового и термического режима рек российской Арктики. Показано, что тепловой сток рек может смещать сроки полного остывания водной массы на периоды ледостава. В дальнейшем планируется развитие данных исследований на фоне изменений климата для совершенствования методов прогнозирования характеристик ледового режима рек.

Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований – проект № 18-05-60021-Арктика.

Список литературы

Налимов Ю. В. Теплобалансовые расчеты элементов ледового режима устьевых взморий сибирских рек // Труды V Всесоюзного гидрологического съезда. Т.9. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. С. 182–189.

Шуляковский Л.Г. Появление льда и начало ледостава на реках, озерах и водохранилищах. Расчёты для целей прогнозов. – Л.: Гидрометиздат, 1960. – 216 с

Морская геология Арктического бассейна

Устные доклады

ОБРАЗОВАНИЕ ОСТРОВОВ НА ШЕЛЬФЕ МОРЕЙ ЛАПТЕВЫХ И ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО

Пижанкова Елена Ивановна[1], **Гаврилов Анатолий Васильевич** [1]
[1] *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический ф-т*

Введение

Денудация положительных форм рельефа и осадконакопление в отрицательных – фундаментальная геологическая закономерность. Этой закономерности подчиняются как субаэральные формы, так и субаквальные. Послеледниковая трансгрессия арктического бассейна обусловила затопление низменных равнин, сложенных отложениями ледового комплекса (ЛК) позднего неоплейстоцена. При этом в первую очередь затапливались сформировавшиеся по нему термокарстовые депрессии, а возвышавшаяся равнина подвергалась термоабразии и термоденудации, формируя полуострова, а затем острова-останцы ЛК [Гаврилов и др., 2003]. Историческими данными процесс размыва этих островов фиксируется, начиная с XVII-XVIII веков. На месте исчезнувших островов формировались банки и мели, размыв которых продолжался. Средняя скорость углубления варьирует от 4.3 до 6.0 см/год.

В сентябре 2013 г. с борта вертолета было выявлено, что в море Лаптевых вершина одной из банок на месте бывших островов-останцов ЛК осушена и зафиксирован остров. Образование острова на Васильевской банке было подтверждено гидрографической экспедицией в сентябре 2014 г. Остров был назван Яя https://ru.wikipedia.org/wiki/Яя_(остров).

Материалы и методы

Основными материалами исследований являлись космические снимки (КС) Landsat, Sentinel и Terra/MODIS за 1973-2020 гг., а также геологических материалы: Государственные геологические карты масштаба 1:1 000 000 второго и третьего поколений, тектонические и неотектонические карты, опубликованные данные сейсмоакустического профилирования Семеновского мелководья и мониторинга Тихоокеанского океанологического института (ТОИ ДВО) РАН. Использовались также топографические карты масштаба 1: 200000 и исторические сведения. Синтез и совмещение разновременных дистанционных данных, выявление новообразований и взвесей в морской воде осуществлялось с помощью программного пакета ScanEx Image Processor. Измерения для изучения динамики берегов, а также дешифрирование прибрежных ландшафтов проводились в ГИС-среде MapInfo Professional.

Район исследований относится к эпикиммерийской платформе, занимающей шельф морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. Роль древнего водораздела Лаптевского и Восточно-Сибирского седиментационных бассейнов играет субмеридиональная положительная неотектоническая структура, включающая Котельническо-Ляховское поднятие на шельфе и Чокурдахское на континенте.

На шельфе существуют многолетнемерзлые породы (ММП) преимущественно сплошного распространения, образовавшиеся при его осушении в позднем и среднем неоплейстоцене. Ныне они деградируют. Деградация снизу происходит под действием теплового потока из недр. Деградация сверху осуществлялась в ходе фландрской трансгрессии моря и происходит сейчас в связи с повышением среднегодовой температуры придонной воды, особенно значительной в прибрежной зоне, и засолением донных пород, понижающих температуру их замерзания - оттаивания.

Данные по изменению глубины моря в пределах банок имеются только для Семеновской банки, расположенной в пределах одноименного мелководья, где существует также Васильевская банка. Эти банки образовались на месте размытых в 1936 и 1951 гг. одноименных островов [Гаккель, 1957]. В 1955 г. минимальная глубина моря в пределах Семеновской банки составляла 0,1 м [Клюев и др., 1981; Арэ, 2012]. В 1965 г. вершинная поверхность Семеновского мелководья оконтуривалась изобатой 2 м. В 1969-1971 гг.

глубины Семеновской банки в соответствии с навигационными картами составляли уже 2-5 м [Арэ, 2012]. По данным мониторинга 1999, 2000, 2003-2006 они равнялись 4,2 м на фоне глубин от 5,5 до 8,6 м в пределах мелководья [Чаркин и др., 2007]. В более поздних публикациях [Дударев, 2016] приводятся существенно меньшие минимальные глубины Семеновской банки – 0,8-1,0 м.

Данные по морфолитодинамике, полученные с помощью космоснимков

По данным снимков Terra/MODIS мель на вершине Васильевской банки впервые наблюдалась по обрушению волн (бурунам) уже в 2003-2005 гг. С конца октября 2003 г. на этой банке практически ежегодно формируется стамуха. Сопоставление снимков Landsat-7 и -8 за 2007, 2018, 2020 гг. позволило зафиксировать возникновение острова Яя, остатки стамух и буруны на мелководье (рис. 1**).**



Рис. 1. Изображение Васильевской банки на КС Landsat-7 и -8 (синтез 543) за разные годы © *USGS.*

Использование разносезонных КС Landsat, Sentinel и MODIS за 1973-2019 гг. дало возможность выявить ряд других банок. Они дешифрируются по приуроченности к ним стамух в периоды ледостава и разрушения сезонного льда, а в безледный сезон - по наличию полей взвеси над банками и бурунов при ветре. Таковы банки на мелководьях Семеновском и Нерпа, безымянные мелководья близ дельты р. Лена, банка Опасная [Кучейко и др., 2020].

Существование сгонно-нагонных явлений затрудняет точное определение конфигурации и параметров низменных островов. Тем не менее, для о. Наносный, расположенного на мелководье к северу от о. Котельный, установлено нарастание площади и длины, особенно выраженное в последние годы.

Вековые изменения природной обстановки

Реконструкция среднегодовой температуры воздуха [Клименко и др., 2013] показывает, что в XVII-начале XX вв., когда острова-останцы ЛК и банки на их месте размывались, среднегодовая температура воздуха была на 1,5-2,0 °С ниже современной. Об изменении ледовитости могут свидетельствовать данные о возможности мореплаваний в арктических морях. Например, в пессиум малого ледникового периода (МЛП) изучение Новосибирских островов (1770-1824 гг.) происходило исключительно путем передвижения по льду [История…, 1954]. Вокруг Семеновского мелководья в пик МЛП в течение всего лета мог сохраняться морской припай или существовать дрейфующие льды. Освобождение ото льдов происходило только в отдельные годы. Анализ сведений о среднегодовой температуре придонной воды показали, что она изменялась от –0,6…–0,7 °С близ уреза до –1 °С на глубине 10 м.

Активизация криогенных процессов обеспечивается возрастающей мощью гидродинамических процессов в связи с сокращением ледовитости и увеличением продолжительности динамически активного сезона. Потепление климата, называемое «индустриальным», ведущее отсчет от начала XX века, наиболее полное проявление получило в 1990-2000-е гг. В морях Карском, Лаптевых, Восточно-Сибирском площадь морских льдов в 2005-2014 гг. сократилась в 7-8 раз по сравнению с 1920-ми и в 5 раз по сравнению с 1960-80 гг. Увеличение продолжительности безледного сезона в среднем для арктических морей России в 2001-2011 гг. относительно холодных 1965—1975 гг. составляло 40 суток [Второй…, 2014]. Увеличение динамически активного времени, которое в 1970-е гг. оценивалось лишь в 10-20% годового времени [Совершаев, 1981], в 2001-2011 гг. возросло до 20-30%. Поэтому современное потепление и снижение ледовитости морей существенно увеличивает потенциал морфолитогенеза.

В результате воздействия криогенных процессов на дно морей Лаптевых и Восточно-Сибирского ежегодно поступает 62 и 90 млн. т осадков соответственно [Григорьев, 2017]. Это происходит за счет отступания берегов под действием термоабразии и термоденудации, ускорившегося в XXI в. в 2 раза и более, а также - термоабразии дна. Повышение в 2000-е годы среднегодовой температуры придонной воды до положительных значений до 10-метровых глубин вплоть до 76°с.ш. кардинально усилило деградации мерзлых толщ сверху, включая термоабразию дна.

Многолетнее промерзание новообразованных форм происходит в зоне припая (изобаты 0-2 м), где через смерзающийся с дном лед осуществляется выхолаживание донных пород. Оно способствует консервации новообразованных форм рельефа, затрудняя их размыв.

Роль современных вертикальных движений земной коры в осадконакоплении на мелководьях. Образование во второй половине XX и начале XXI веков островов Наносный, Яя и повышение поверхности Семеновской банки происходит на фоне повышения уровня моря. В 1993-2010 гг. с 1,7 во второй половине XX в. оно ускорилось до 3,2 мм/год [МГЭИК, 2014]. Положительные современные вертикальные движения в пределах Котельническо-Ляховского поднятия, где расположен о. Наносный, зафиксированы нами по данным уровнемерных станций. Движения того же знака фиксируются в субмеридиональной зоне землетрясений на Лаптевском шельфе [Аветисов, 2004]. Здесь расположено Семеновское мелководье. Темп вертикальных движений на указанных площадях соизмерим или превышает темп повышения уровня моря. Благодаря им повышение поверхности на участках новообразованных островов становится видным на КС.

Ледовые процессы также участвуют в осадконакоплении. Это аккумуляция в результате транспортной деятельности льда, содержащего минеральные и органические включения. Большую роль играет бульдозерное перемещение донных осадков вверх по подводному склону дрейфующими льдами под напором прижимных ветров. Осадконакопление может совершаться в волновой или ветровой тени стамух, а также вокруг последних во время штормов, что произошло по предположению А.Ю. Гукова [2014] при образовании острова Яя. В холодные годы происходит погребение поверхностных льдов. На мелководьях образуются стамухи. Они защищают образовавшиеся формы рельефа от волнения, принимая на себя штормовое воздействие и ледовые нагрузки со стороны моря. После стаивания стамух опресненные осадки могут промерзать, что способствует осадконакоплению.

Выводы

1. В пределах морей Лаптевых и Восточно-Сибирского, в течение XVII-XX веков острова-останцы ЛК позднего неоплейстоцена, а позже - мелководья и банки, сформировавшиеся на их месте, размывались. На рубеже XX и XXI веков на этих мелководьях начинается осадконакопление с новообразованием островов.

2. Смена направленности морфолитогенеза происходит вследствие сокращения ледовитости и увеличения продолжительности безлёдного сезона.

3. Приоритетная роль в осадконакоплении на мелководьях ныне принадлежит гидрогенным процессам, тогда как ранее оно осуществлялось преимущественно морскими льдами.

4. Дефицит осадочного вещества в XVII-XVIII вв. на рубеже XX и XXI вв. сменяется их избытком в связи с активизацией термоабразии и термоденудации берегов, донной термоабразии, деградации мерзлых пород сверху.

5. Осадконакопление на мелководьях становится заметным и отражается на космических снимках для морфоструктур, испытывающих тектоническое поднятие, темп которого соизмерим или превосходит скорость повышения уровня моря. Это район о. Наносный в Восточно-Лаптевской зоне поднятий и Семеновское мелководье, приуроченное к сейсмически активной зоне моря Лаптевых.

6. Ледовые процессы стимулируют осадконакопление за счет перемещения донных осадков дрейфующим льдом, способствуют промерзанию, опресняя грунты на местах посадки стамух, обеспечивают защиту новообразованных островов и банок от штормов.

Список литературы

Аветисов Г.П. Сейсмичность арктической материковой окраины России // Геология и полезные ископаемые России, т. 5. Арктические и дальневосточные моря, кн. 1. Арктические моря. СПб, Изд-во ВСЕГЕИ, 2004, с. 31-43.

Арэ Ф.Э. Разрушение берегов арктических приморских низменностей. Новосибирск, Академическое изд-во Гео, 2012, 291 с.

Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. Росгидромет, 2014.

Гаврилов А.В., Романовский Н.Н., Хуббертен Х.В., Романовский В.Е. Распространение островов – реликтов ледового комплекса – на Восточно-Сибирском арктическом шельфе // Криосфера Земли, 2003, т.VII, №1, с. 18-32.

Гаккель Я.Я. Наука и освоение Арктики. Л., Морской транспорт, 1957, 132 с.

Григорьев М.Н. Исследование деградации многолетнемерзлых пород морей Восточной Сибири (по результатам экспедиций 2014–2016 гг.) // Проблемы Арктики и Антарктики. 2017. Вып.1. С. 89–96.

Гуков А.Ю. Возрождение острова Васильевского//Природа. 2014. № 5. С. 70–73.

Дударев О.В. Современный литоморфогенез на Восточно-Арктическом шельфе. Автореф….д. г.-м. н., Владивосток, 2016, 49 с.

История открытия и освоения северного морского пути, т.1. М. Морской транспорт, 1954, 475 с.

Клименко В.В., Мацковский В.В., Дальманн Д. Комплексная реконструкция температуры российской Арктики за последние два тысячелетия // Арктика: экология и экономика № 4 (12), 2013. С. 84-95.

Клюев Е.В., Котюх А.А., Оленина Н.В. Картографо-гидрографическая интерпретация исчезновения в море Лаптевых островов Семеновского и Васильевского. Известия всесоюз. геогр. об-ва. 1981. Вып. 6. С. 485–492.

Кучейко А.А., Иванов А.Ю., Айнов К.В., Лисаченко Е.С. Обнаружение отмелей и малых островов в южной части моря Лаптевых по спутниковым данным // Земля из космоса. Вып. № 27. 2020. С. 50–60.

МГЭИК, 2014: Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата [основная группа авторов, Р.К. Пачаури и Л.А. Мейер (ред.)]. МГЭИК, Женева, Швейцария, 163 с.

Совершаев В.А. Влияние морских льдов на развитие криолитозоны арктического шельфа (на примере восточных арктических море) // Криолитозона арктического шельфа. Якутск, Изд. ИМ СО АН СССР, 1981, с. 70-83.

Чаркин А.Н., Дударев О.В., Семилетов И.П., Шило И.Н. Современное состояние реликтовых банок на шельфе морей Восточно-Сибирского региона // Криогенные ресурсы полярных регионов. Материалы междунар. конф., Салехард, июнь 2007, т. 1. Пущино, ОНТИ Пущинского научного центра РАН, с.184-186.

https://ru.wikipedia.org/wiki/Яя_(остров)

ПРИМЕНЕНИЕ ОСЛ ДАТИРОВАНИЯ В ИЗУЧЕНИИ БЕРЕГОВЫХ ПРОЦЕССОВ

[1,2]Курбанов Реджеп Нурмурадович, [1,2]Семиколенных Дарья Валерьевна, [1]Бутузова Елизавета Алексеевна

[1]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

[2]Институт географии РАН, Москва

Геохронологические исследования морских отложений позволяют проводить корреляции палеогеографических событий в локальных, региональных и глобальных масштабах, что необходимо для понимания развития морских бассейнов и их побережий. С 1970-х годов радиоуглеродное датирование стало главным методом, позволяющим получить абсолютный возраст различных событий прошлого. Чуть позднее для датирования морских более древних отложений стал применяться и уран-ториевый метод. Оба метода характеризуются существенными допущениями: необходимо наличие органического материала в отложениях и соблюдения условия закрытости системы. Вероятностью загрязнения материала и изотопного обмена с грунтовыми водами существенно снижают точность датирования. В последнее время широкое применение нашли методы оптически-стимулированной люминесценции (ОСЛ) и инфракрасно-стимулированный люминесценции (ИКСЛ). Люминесцентное датирование позволяет датировать аккумулятивные морские отложения – террасы, пересыпи, бары, береговые валы и др. – возрастом в диапазоне от первых лет до 300-500 тыс. лет.

Ниже представлен обзор имеющегося опыта применения ОСЛ датирования морских отложений, а также представлены последние результаты геохронологических исследований коллектива НИЛ новейших отложений и палеогеографии плейстоцена МГУ имени М.В. Ломоносова на дагестанском побережье Каспийского моря, в Нижней Волге, Крыму и на Тамани.

Прибрежно-морские отложения являются одним из наиболее подходящих для ОСЛ датирования материалом ввиду высокой вероятности воздействия солнечного света и полного обнуления зерен. Для различных районов мира получены детальные хронологии формирования береговых форм рельефа. В последние годы продемонстрировано два существенных преимущества определения ОСЛ для датирования морских отложений. 1. Возможность определения возраста молодых форм рельефа, который укладывается в первые десятки лет. В связи с тем, что материал зачастую полностью обнулен в ходе транспорта наносов в береговой зоне, датирование даётся возможность выявлять стадийность образования элементов рельефа и реконструировать этапы развития побережья. 2. Значительная доля карбонатов в виде детрита раковин и оолитовых зерен, а также высокая сортированности материала существенно снижает мощность дозы (0,5-1,0 Грей/тыс лет), что увеличивает возрастной предел датирования – потенциально до 500-700 тыс. лет.

Пример разработанной высоко детальной хронологии формирования системы береговых валов был продемонстрирован в исследовании [Fruergaard et al., 2019] западного побережье острова Фанё в Северном море. Всего из отложений гряд для ОСЛ-датирования по кварцу было отобрано 38 образцов (рис. 1). В результате исследования удалось установить абсолютный возраст образования этих гряд от 4±1 лет до 318±27 лет. В этой серии четко выделяются различные по возрасту генерации береговых валов. Анализ геоморфологических процессов позволил установить перемещение береговой линия острова Фанё в сторону моря на 1000-1500 м всего за последние 250-300 лет (в среднем 4-5 м в год).

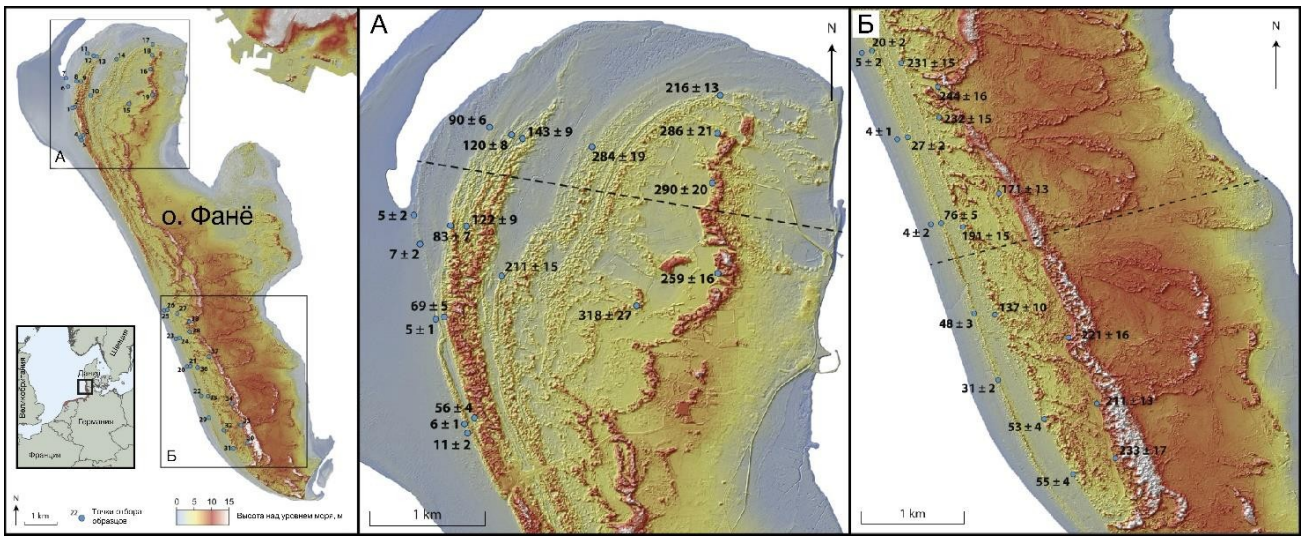


Рис 1. Расположение мест отбора на ОСЛ-датирования на о. Фанё: (а) северный и (б) южный участки [по Fruergaard et al., 2019].

Ещё одним показательным исследованием, но уже с использованием полевого шпата (ИКСЛ), является датирование береговых отложений возрастом не древнее 500 лет с южного побережья Северного и Балтийского морей (Reimann & Tsukamoto, 2012]. Было установлено, что сигнал в полевых шпатах эоловых и морских отложений был полностью обнулён в ходе геологического транспорта до образования аккумулятивного тела. В результате измерений был определен возраст отложений в диапазоне от 70 до 390 лет. Таким образом, метод ИКСЛ может использоваться в качестве альтернативного метода датирования для образцов возрастом в несколько сотен лет только в тех случаях, когда датирование ОСЛ-методом по кварцу не представляется возможным.

На территории России нами было выполнено ОСЛ и ИКСЛ-датирование современных пляжевых песков в районе мыса Турали (Дагестан), для которых получен возраст 50-100 лет, а также серии береговых валов (от 200 до 2000 тыс. лет). Всего получено 8 датировок, сравнение результатов по кварцу и по полевым шпатам для всех образцов указывает полное обнуление материала и высокую надежность полученной хронологии. Интересные результаты получены для прибрежно-морских отложений карангатской трансгрессии Черного моря, которую принято соотносить с самой теплой фазой последнего межледниковой (МИС 5е). Новые 18 датировок из опорных разрезов в районе Керченского пролива [Курбанов и др., 2019; Курбанов и др., 2020] позволили уточнить хронологические рамки различных стадий развития трансгрессии (110-130 тыс. лет). Полученные результаты демонстрируют широкие возможности применения ОСЛ датирования для реконструкции истории развития побережий морей.

Исследование выполнено при поддержке проекта РФФИ 19-05-01004 А.

Список литературы

Fruergaard, M., Kirkegaard, L., Østergaard, A.T., Murray, A.S., & Andersen, T.J. Dune ridge progradation resulting from updrift coastal reconfiguration and increased littoral drift // Geomorphology. 2019. Vol. 330. Pp. 69–80.

Reimann, T., & Tsukamoto, S. Dating the recent past (<500 years) by post-IR IRSL feldspar - Examples from the North Sea and Baltic Sea coast // Quaternary Geochronology. 2012. Vol. 10. Pp. 180–187.

Курбанов, Р.Н., Янина, Т.А., Мюррей, А.С., Семиколенных, Д.В., Свистунов, М.И., Штыркова, Е.И. Возраст Карангатской трансгрессии (поздний плейстоцен) Черного моря // Вестник Московского университета. Серия 5. География, №6. 2019. С. 29-39.

Курбанов Р.Н., Семиколенных Д.В., Янина Т.А., Тюнин Н.А., Мюррей Э.С. Новые данные о возрасте карангатской трансгрессии Черного моря// Вестник Московского университета. Серия 5. География, №6. 2020.

ОСОБЕННОСТИ ЛЕДНИКОВЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА В ВОСТОЧНО-БАРЕНЦЕВОМОСКОЙ ВПАДИНЕ И В ЖЕЛОБЕ СЕДОВА ПО ДАННЫМ РЕЙСА TTR-19.

Василевская Яна Алексеевна[1], Соловьева Марина Андреевна [1], Ахманов Григорий Георгиевич [1]

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

Летом 2020 года состоялась научная экспедиция TTR-19 в северо-восточную часть Баренцева моря. В результате исследований получен большой объем как геологических, так и геофизических данных. Акустические работы были выполнены при помощи многолучевого эхолота, сейсмоакустические наблюдения проводились по методике непрерывного сейсмического профилирования с источником типа спаркер и более высокочастотным профилографом. Такая методика наблюдений обеспечила разную проникающую способность сейсмических волн. Геологические исследования заключались в отборе кернов донных осадков гравитационными трубками длиной 3 м с последующим литологическим, инженерным и геохимическим анализом.

Проблема оледенения шельфов Западно-Арктических морей интересовала многих специалистов, изучающих северные акватории. Как отечественные, так и зарубежные ученые выдвигают различные гипотезы образования и развития ледниковых покровов. В статье (Patton et al., 2016) представлена одна из наиболее актуальных палеогеографических реконструкций оледенения Баренцева моря. Однако восточная часть модели неточная, так как геологические и геофизические материалы на данной территории носят разрозненный характер. Данные, полученные в ходе экспедиции TTR-19, позволят скорректировать и дополнить имеющиеся представления об эпохе последнего оледенения Баренцева моря.

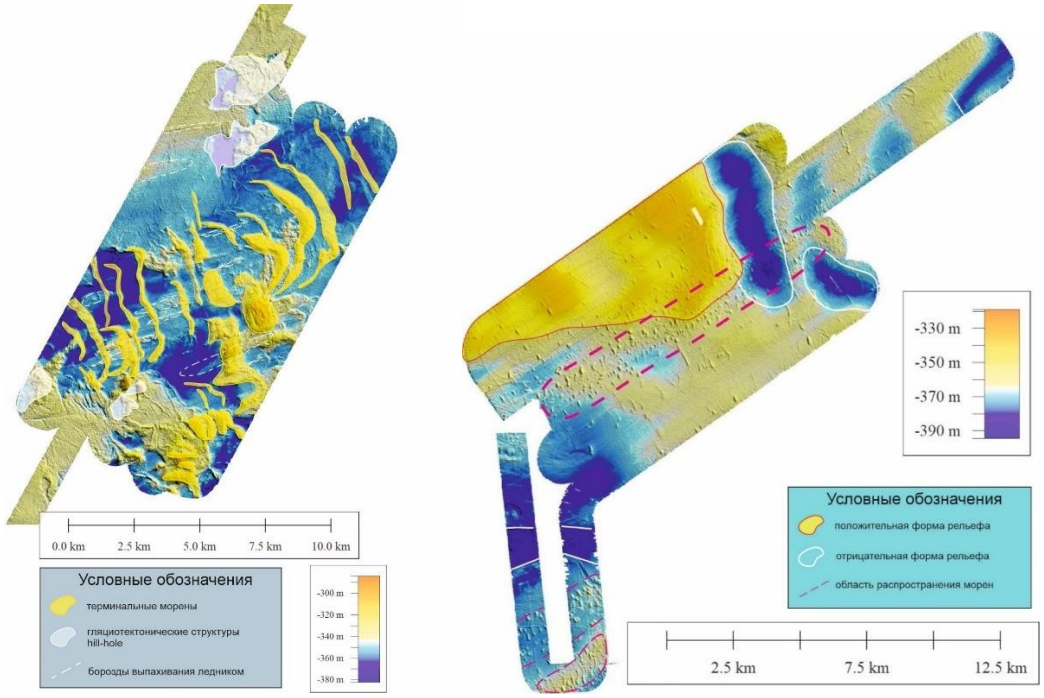
Целью данной работы является выявление особенностей и закономерностей распространения ледниковых форм рельефа в северо-восточной части Баренцева моря. Для исследования были выбраны два относительно небольших полигона (120 км^2 и 160 км^2), находящихся в двух трогах: желобе Седова и Восточно-Баренцевоморской впадине.

На полигоне №1, расположенном в желобе Седова, присутствуют различные типы морских форм ледникового рельефа (рис.1). Борозды ледового выпахивания представляют собой чередование валов и ложбин северо-восточного простирания, которые особенно хорошо выражены в центральной части площади. Перепад высот от вершин валов до тальвегов ложбин составляет около 6 м, ширина изменяется от 50 до 150 м, длина структур – от 100 м до первых км и ограничивается расстоянием между конечными моренами. Эти мореные гряды представляют собой более крупные валы высотой до 20 м, преимущественно простирающиеся с северо-запада на юго-восток. Ширина данных структур достигает 300 м, длина до 5 км в пределах полигона, расстояние между грядами в среднем 700 м. Также на юго-востоке площади встречаются локальные моренные отложения изометричной формы высотой до 40 м. На северо-западе и в южной части полигона выделяются структуры «hill-hole pair». Эти структуры изометричны в плане, диаметр составляет около 2 км. Существует теория образования данных структур, связанная с латеральной неоднородностью придонных осадков. По мере продвижения ледника изменялись термобарические условия на морском дне, что могло привести к образованию зоны стабильности газовых гидратов. При формировании гидратов происходило вытягивание воды из вмещающих отложений, что впоследствии привело к высушиванию и укреплению донных осадков и повышению коэффициента трения. Благодаря большему трению эти

породы сцеплялись с подошвой ледника, перемещались по направлению движения ледника и снова закреплялись на морском дне (Winsborrow et al 2016).

Северо-восточное простирание и параллельное расположение борозд выпахивания свидетельствует о направлении движения отступания ледника на юго-запад. Конечные морены формируются перпендикулярно движению ледника, таким образом, можно предположить, что отступание ледника происходило в юго-западном направлении. Так как холмы (hill) структур «hill-hole pair» расположены на северо-востоке от отрицательной формы рельефа (hole), то можно предположить, что ледник отступал на юго-запад. Таким образом, по морфологии и пространственному расположению вышеперечисленных форм ледникового рельефа можно предположить юго-западное направление отступания ледника.

Полигон №2 расположен в Восточно-Баренцевоморской впадине. В пределах данной площади выделяется три типа форм рельефа: отрицательная и положительная структуры и конечные морены (рис.1).



(а) *(б)*

Рисунок 1 Карта рельефа дна полигона №1 (а) и полигона №2 (б) с выделенными формами ледникового рельефа

Предполагается, что положительная структура в рельефе дна соответствует призме отлегания ледника. Юго-западный склон вала моренных отложений более пологий, чем северо-восточный. Асимметричное строение данной структуры указывает на ЮЗ направление отступания ледника в пределах рассматриваемого полигона. В северо-восточном, восточном и юго-западном углах площади выделяются локальные понижения в рельефе дна. Ширина понижений достигает 2 км, а высоты изменяются от 3 до 13 м. Дно внутри понижений неровное, а также не наблюдается общего тренда изменения глубины.

Предположительно, такой рельеф образовался в результате движения по коренным породам ледового потока, который своей подошвой эродировал поверхность коренных горных пород. Во время отступания ледника образовалась перигляциальная призма отлегания, которая впоследствии осложнилась эрозионным врезом, возможно,

тектонического происхождения.

В центральной части профиля выделяются ледниковые формы рельефа, которые представляют собой моренные отложения. По морфологии и пространственному расположению моренных гряд, представленных на рисунке 1, можно предположить следующее:

1) Так как данные структуры выстраиваются в ровную протяженную линию СВ простирания, то скорее всего этот факт связан с особенностями строения подошвы ледника, чем с неоднородностью в осадках дна.
2) Возможно, что данные структуры вытянуты, имеют СЗ простирание и располагаются перпендикулярно направлению движения ледника, но разрешение батиметрии не позволяет зарегистрировать малоамплитудные повышения в рельефе дна.

В литературных источниках были найдены похожие по морфологии структуры, которые называются «transverse-to-flow ridges». Генезис данных структур – суточные колебания уровня моря (Dowdeswell et al, 2020). Однако описываемые в статье валы располагаются на расстоянии ~ 20 м друг от друга, а на изучаемом полигоне – в среднем около 200 м. Возможно, что обнаруженные на полигоне исследований валы приурочены к сезонным колебаниям ледника.

На сейсмоакустических профилях, выполненных на полигонах №1 и №2, выделяются сейсмоакустические комплексы, соответствующие моренным отложениям и современным морским осадкам. В пределах полигона №2 на сейсмоакустических разрезах, полученных при помощи электроискрового источника, выделяются границы, которые интерпретируются как границы между разновозрастными моренами.

В результате выполненной работы были выделены типы ледникового рельефа, определены размеры структур и указана их пространственная ориентировка. Также на сейсмоакустических профилях были выделены сеймоакустические комплексы, соответствующие различным морским отложениям. Сделанные выводы о направлении движения ледника в пределах рассматриваемых полигонов позволят скорректировать имеющиеся представления о направлении отступания ледниковой толщи в эпоху последнего оледенения.

Рассмотренные выше полигоны №1 и №2, которые находятся по разные стороны от седловины Страхова, обладают рядом отличий. На полигоне №1 выделяется большое количество типов структур, обладающих небольшими размерами. Соответственно, рельеф местности изменчивый, изрезанный различными формами ледникового рельефа. В пределах этой площади выделены структуры «hill-hole pair», когда на полигоне №2 такие структуры не наблюдается. Это может свидетельствовать о том, что в желобе Седова во время последнего оледенения была зона стабильности газовых гидратов, а в восточной части Восточно- Баренцевоморской котловины таких термобарических условий не было. Однако это лишь предположение, для проверки которого необходимо проанализировать больший объем геологической и геофизической информации, который, возможно, будет получен в следующих рейсах. Полигон №2, расположенный в Восточно-Баренцевоморской впадине, характеризуется более спокойным рельефом, малым разнообразием и количеством структур ледникового происхождения. Моренные гряды типа «transverse-to-flow ridges», присутствующие на участке в Восточно-Баренцевоморской впадине, обладают другой формой и размерами, чем конечные морены на площади, расположенной в желобе Седова, что, предположительно связано с различием в генезисе этих морен. Для полигона №2 были

выполнены исследования методом ССВР, что позволило выделить различные моренные комплексы на сейсмоакустической записи, когда на полигоне №1 уверенно выделяется лишь одно отражение, соответствующее, предположительно, границе современных морских осадков и морены. Дальнейший лабораторный анализ отобранного керна в комплексе с полученными в работе выводами позволит предположить генезис и возраст образования геологических структур.

Список литературы:

Dowdeswell, J. A., Batchelor, C. L., Montelli, A., Ottesen, D., Christie, F. D. W., Dowdeswell, E. K., Evans J., 2020. Delicate seafloor landforms reveal past Antarctic grounding-line retreat of kilometers per year. Science, 386.

Patton, H., Hubbard, A., Andreassen, K., Winsborrow, M., and Stroeven, A., 2016. The build-up, configuration, and dynamical sensitivity of the Eurasian ice-sheet complex to Late Weichselian climatic and oceanic forcing. Quaternary Science Reviews, 153, 97–121.

Winsborrow M., Andreassen K., Hubbard A., Plaza-Faverola A., Gudlaugsson E., Patton H., 2016. Regulation of ice stream flow through subglacial formation of gas hydrates. Nature Geoscience,1-6.

РЕЛЬЕФ ДНА И ПОЗДНЕВАЛДАЙСКОЕ ОЛЕДЕНИЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ.

Мороз Евгений Андреевич[1], Кохан Андрей Валерьевич[2], Зарайская Юлия Андреевна[1], Сухих Елена Александровна[1], Разумовский Анатолий Анатольевич[1], Ананьев Роман Александрович[3].

1. Геологический институт РАН, г. Москва, Россия.
2. ООО «Сварог», г.Москва, Россия.
3. Институт Океанологии РАН им. П.П. Ширшова, г.Москва, Россия.

Аннотация.

Реконструкция оледенения шельфа Баренцева моря в настоящее время является актуальной научной проблемой. В юго-восточной части Баренцева моря в ходе работ по научной программе 38 и 41-го рейсов НИС «Академик Николай Страхов» были проведены комплексные геолого-геофизические работы, включавшие многолучевое эхолотирование, сейсмоакустическое профилирование акустическим профилографом и источником спаркер, опробование. Целью исследования был анализ ледникового рельефа рассматриваемого района и выявления характера перемещения ледовых масс в этом районе. Для этого была выполнена комплексная интерпретация полученных геолого-геофизических данных, включавших ЦМР дна в разрешении 10×10 м в плане, а также анализ имеющихся опубликованных сведений о строении осадочного чехла и рельефа дна района исследований. По результатам работ была подготовлена схема распределения форм рельефа дна, их морфологическая, морфометрическая и генетическая классификация и сделаны выводы об эволюции рельефа дна на послеледниковом этапе. Полученные материалы позволили детализировать строение рельефа краевой зоны поздневалдайского оледенения на шельфе Печорского моря и выявить особенности динамики ледниковых масс.

Материалы и методы.

Анализ батиметрии района исследований используемых в работе производился по имеющейся цифровой модели рельефа дна Печорского моря (Кошель и др., 2014) и материалам детальной многолучевой съемки выполненной в рамках научных программ 38 и

41 рейсов НИС «Академик Николай Страхов» в 2018-2019 годах. Многолучевая батиметрическая съемка производилась на эхолоте Reson Seabat 8111/7150 с частотой 100 кГц. Для изучения строения верхней части разреза использовался непараметрический профилограф Edgetech 3300 с модулируемым сигналом частотой 2-12 кГц и длительностью импульса 40 мс. На основании полученной ЦМР и опубликованных данных о геологическом строении района исследований была выполнена комплексная интерпретация рельефа дна исследуемой территории.

Результаты и обсуждение

В результате комплексных геолого-геофизических исследований на акватории южной и юго-восточной части Баренцева моря (Печорское море) была выполнена детальная съемка на полигонах и отдельными галсами в краевой зоне Валдайского оледенения. По данным многолучевой батиметрии на исследованной территории (рис.1) были выявлены комплексы гляциального, флювиального и/или флювиогляциального, мерзлотного и ледово-морского генезиса. Полученный материал указывает на сложный характер рельефообразования в ледниковое и постледниковое время, в связи с чем возникает проблема в интерпретации генезиса некоторых форм рельефа. В свою очередь остаются открытыми вопросы о

конфигурации и направлении движения ледниковых масс в исследуемом регионе, а также генезис форм флювиального облика, развитых внутри границ оледенения.

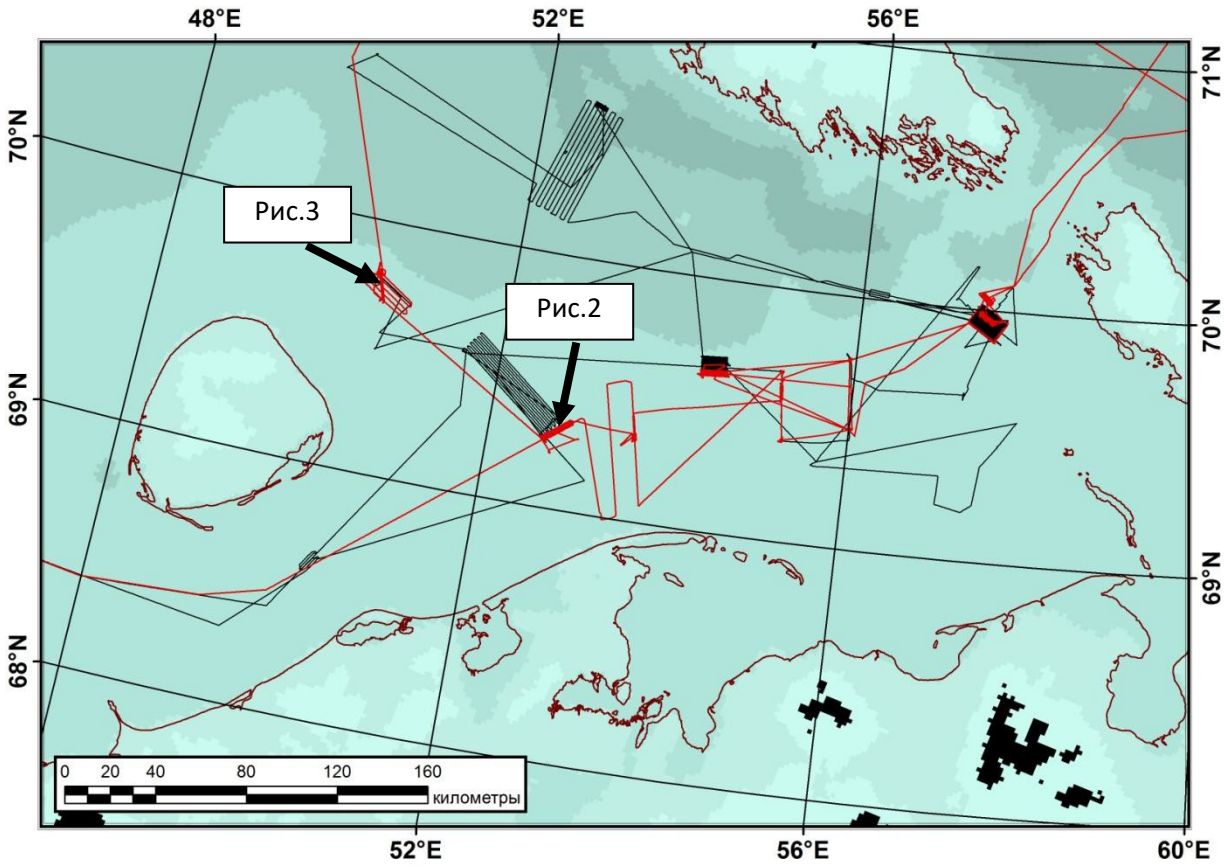


Рис.1. Схема галсов НИС «Академик Николай Страхов» в Печорском море. Черные линии- маршрут 38 рейса, красные - маршрут 41 рейса. Топоснова IBCAO V3

Наиболее отчетливо на пологонаклонной поверхности морской равнины Печорского моря выделяются комплексы ледникового рельефа, представленные конечно-моренными грядами, поперечными грядами меньшего порядка, холмисто-бугристыми образованиями (рис.2). Ориентировка конечно-моренных гряд указывает, что ледник отступал с ЮВ на СЗ, что хорошо согласуется с построениями прошлых лет (Gattaulin et al, 2001; Swedsen et al, 2004). В то же время, по данным многолучевого эхолотирования выполненного в 38-41 рейсах НИС «Академик Николай Страхов» была выявлена штриховка, ориентированная согласно простиранию конечных образований, что свидетельствует об ином тренде движения льда. Таким образом, предполагается, что конфигурация ледника в краевой зоне могла иметь лопастной характер, а движение лопастей происходило в различные временные интервалы, о чем свидетельствует наложенный характер форм гляциальной природы.

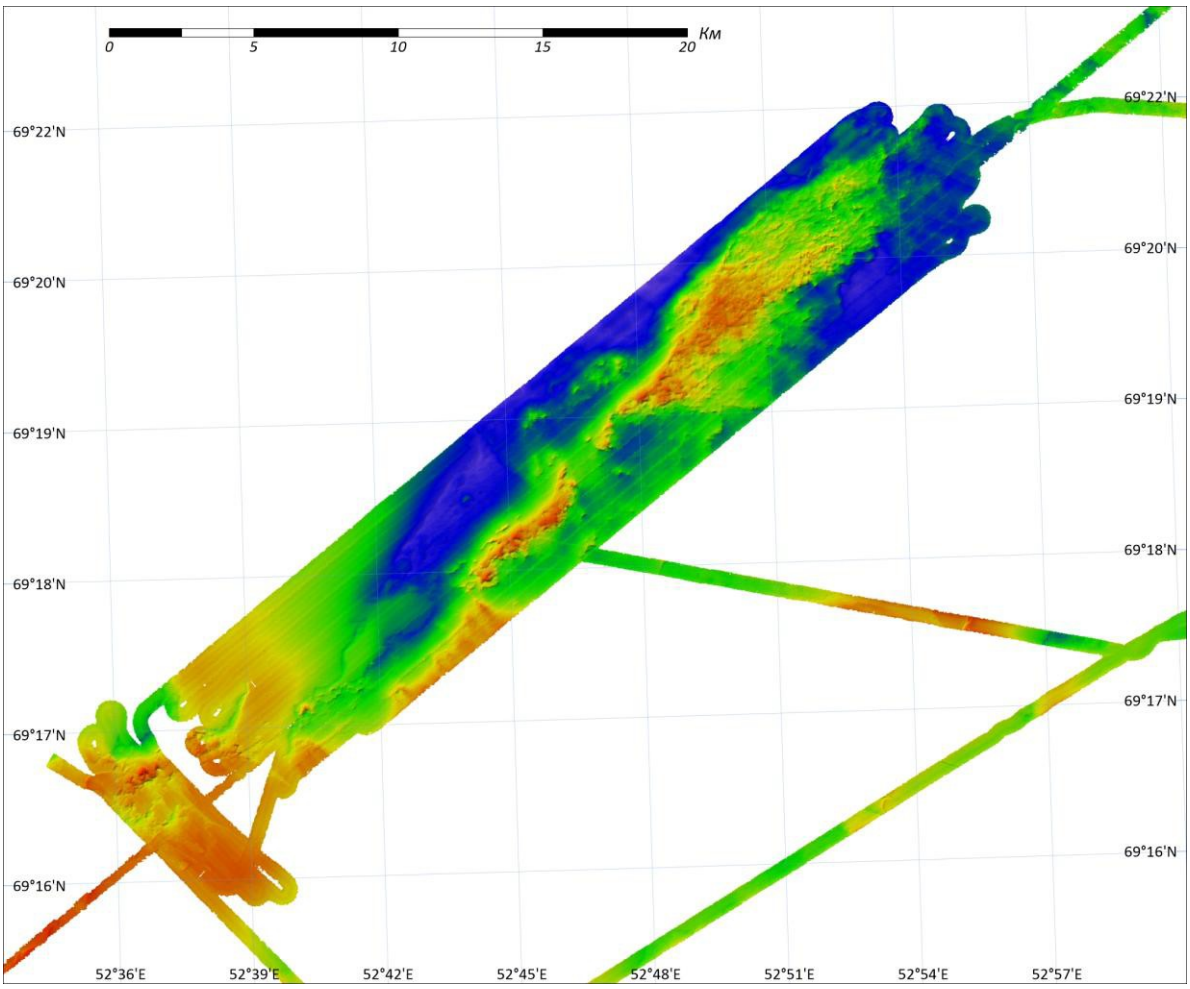


Рис.2. Рельеф дна в краевой зоне поздневалдайского оледенения по данным многолучевой съемки 41 рейса НИС «Академик Николай Страхов»

Другой характерной особенностью является наличие «речной» сети внутри предполагаемых границ ледникового покрова. Короткие изолированные сегменты флювиальной морфологии могут быть интерпретированы как подледные каналы, а протяженные и разветвленные эрозионные формы, выраженные на значительном протяжении, указывают на существование в регрессивный этап развития шельфа Печорского моря сети палеодолин в последствие затопленной морем. В региональном масштабе положение палеодолин было зафиксировано в работах (Ласточкин, 1977). В результате работ 38 и 41 рейсов НИС «Академик Николай Страхов» было установлено, что в ряде случаев фрагменты речной сети выражены в рельефе и частично или полностью перекрыты морскими осадками. Подобная картина наблюдается к востоку от о-ва Колгуев на предполагаемом русле Палеопечоры (рис.3).

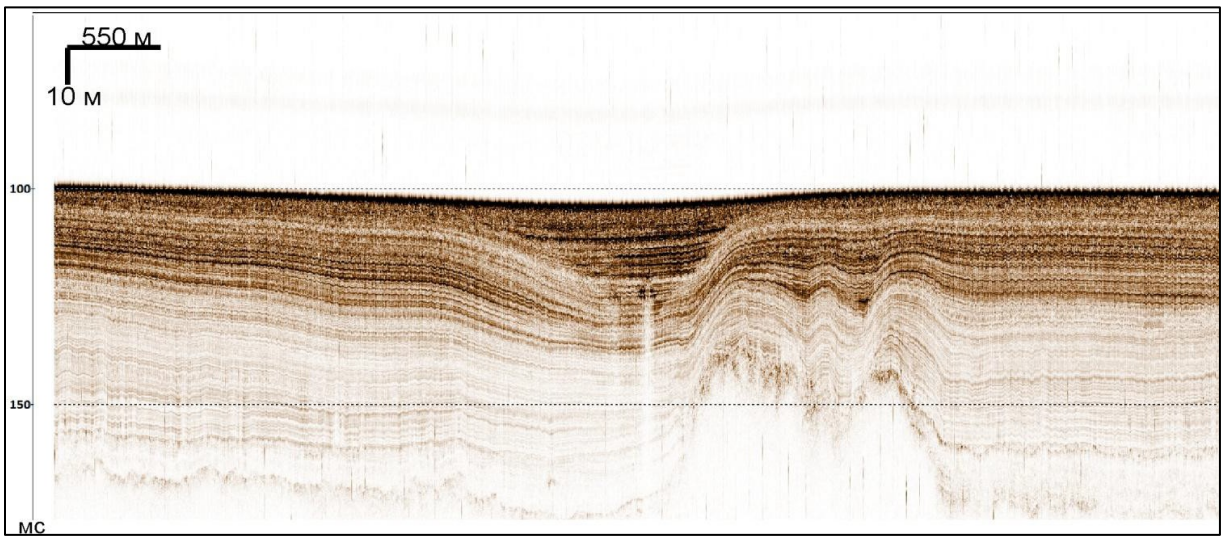


Рис. 3. Фрагмент разреза профилографа (2-12 кГц) через погребенную под современными морскими отложениями палеодолину. Положение указано на рис.1.

Выводы

1. В юго-восточной части Баренцева моря развит ледниковый рельеф различной морфологии. Пространственное положение и ориентировка комплексов гляциального генезиса на исследуемой территории указывает на разнонаправленную динамику ледникового покрова в позднем плейстоцене

2. Наличие внутри предполагаемых границ поздневалдайского оледенения сети палеодолин, зафиксированных по данным многолучевой батиметрии и сейсмическим профилям, позволяет предполагать ограниченный характер шельфового оледенения в позднем плейстоцене и интенсивную эрозию на шельфовых пространствах Печорского моря.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ по проектам № 18-35-20060 и № 18-05-70040.

Список литературы

1. Кошель С., Кошель А., Ушакова Л. Картографирование рельефа дна северных морей России с использованием цифровых моделей. Интер-Карто/ИнтерГИС-20: Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение. Материалы международной конференции, Белгород, Харьков (Украина), Кигали (Руанда) и Найроби (Кения), 23 июля – 8 августа 2014 г. – Издательство Константа Белгород,2014. – С. 417-423. 7.

2. Ласточкин А.Н. Подводные долины северного шельфа Евразии // Известия Всесоюзного географического общества. 1977. Том 109. № 5. С. 412-417.

3. Gattaulin V., Mangerud J., Svendsen J. I. The extent of the Late Weichselian ice sheet in the southeastern Barents Sea. Global and Planetary Change. 2001. V. 31. P. 453–474

4. Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I., et al. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia // Quaternary Science Reviews – 2004. – Vol. 23. – P. 1229–1271.

МОРФОДИНАМИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ И РАЙОНИРОВАНИЕ БЕРЕГОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Ермолов Александр Александрович[1], Кизяков Александр Иванович[1], Илюшин Денис Григорьевич[2]

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

[2] ООО «Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова», г. Москва

Морфодинамическая типизация берегов Баренцева моря и их геоморфологическая характеристика имеют большое научное и прикладное значение. Несмотря на продолжительную историю изучения и сравнительно большой объем накопленных сведений исследования морских берегов региона остаются актуальной и востребованной задачей.

Типизация является необходимой основой на пути к конкретному районированию берегов. Ее разработка осуществлялась с учетом сложившихся представлений о геоморфологическом строении и динамике береговой зоны Баренцева моря, существующих классификаций берегов арктических морей и возможностей картографического изображения отдельных сегментов береговой линии в выбранном масштабе исследования 1:1.000.000.

Районирование береговой зоны материкового побережья и островов российского сектора Баренцева моря проводилось на основе анализа спутниковых данных с использованием большого объема картографических и литературных сведений, материалов экспедиционных исследований различных лет, фото- и видеоматериалов. Наряду с морфологическими и динамическими характеристиками конкретного отрезка берега учитывалось влияние геологических, геокриологических и флювиальных факторов, которые влияют на развитие берега не в меньшей степени, чем волнение. Заметным фактором, принятым во внимание, стали регулярные (периодические) приливно-отливные изменения уровня Баренцева моря, имеющие различную амплитуду и отличающиеся асимметрией скоростей приливных и отливных течений (и их длительностью) в различные фазы прилива.

Было выделено три основные группы берегов — выработанные в коренных породах, сложенные осадочными отложениями и ледяные, выработанные в ледниках островов Баренцева моря (табл. 1).

Таблица 1. Морфодинамические типы берегов Баренцева моря (масштаб 1:1 000 000)

Тип берега		Протяженность, км
Берега, выработанные в коренных (литифицированных) породах:		
1.	Абразионные	2560
2.	Абразионно-денудационные	2945
Берега, выработанные в ледниках:		
3.	Термоденудационные ледяные (образованные ледниковыми куполами и выводными ледниками)	1977
Берега, сложенные рыхлыми (нелитифицированными) отложениями (включая многолетнемерзлые породы):		
4.	Абразионные, термоабразионные и абразионно-термоденудационные	3585

5.	Аккумулятивные выровненные (включая примкнувшие, свободные и окаймляющие формы – бары, косы и др.)	1298
6.	Аккумулятивные отмелые, лагунно-бухтовые, дельтовые (в заливах, лагунах и пр.)	1571
ВСЕГО:		13936

Структурная сложность береговых систем и разнообразие рельефа в условиях ограниченного числа взаимодействующих компонентов предопределили необходимость объединения абразионных типов с доминирующей ролью абразионных, термоабразионных и термоденудационных процессов в общую группу отступающих берегов, сложенных нелитифицированными отложениями. Общая протяженность берегов этой группы составила 3585 км или почти 25,7% протяженности исследованной береговой линии.

Особенности структурно-геологического строения и незначительная мощность рыхлых осадков на берегах материковой суши и островах Баренцева моря обусловили широкое распространение коренных абразионных, а на участках, защищенных от интенсивного воздействия волнения, абразионно-денудационных берегов. Основными районами распространения берегов этих типов являются Мурманский берег Кольского полуострова, северо-западная часть Югорского полуострова, острова Вайгач, Новая Земля, Земля Франца Иосифа и другие. Протяженность абразионных и абразионно-денудационных берегов, выработанных в коренных породах, около 5505 км, что составляет 39,5% общей протяженности.

Ледниковые покровы арктических архипелагов скрывают свыше 80% площади островов и представляют собой крупнейший в баренцевоморском регионе район распространения весьма специфических термоденудационных берегов, выработанные в ледниках. За счет высокого расчленения островов арктических архипелагов эти берега имеют значительную протяженность - 1977 км или порядка 14,2% береговой линии. Таким образом, берега абразионного типа в совокупности охватывают почти 80% протяженности береговой линии российского сектора Баренцева моря.

Берега аккумулятивного типа (выровненные, лагунно-бухтовые и дельтовые) распространены на побережьях юго-восточной части Баренцева моря, обладающих сравнительно большими запасами рыхлого материала, как на суше, так и на подводном склоне. В их число входят крупная примкнувшая аккумулятивная форма (терраса) Тиманского берега, местами переходящая в островной бар (о. Сенгейский), цепочка островов (островной бар) Гуляевские Кошки, примкнувшие островные бары и косы о.Песяков и о.Варандей. полуострова Русский Заворот, Медынский Заворот, мыс Лайденный и острова Камбальницкие Кошки. Дельтовые аккумулятивные береговые формы выделяются на внешнем краю дельт наиболее крупных рек региона. В совокупности аккумулятивные участки имеют протяженность около 2869 км, включая береговую линию внутренних частей отдельных заливов. Это составляет порядка 20% общей протяженности береговой линии.

Результатом работ стало геоморфологическое районирование береговой зоны российского сектора Баренцева моря общей протяженностью свыше 13900 км и электронная база пространственных данных, положенная в основу классических картографических материалов масштаба 1:200000 – 1:1000000. Среднемасштабное районирование и статистический анализ протяженности показали большое разнообразие и неравномерность распространения различных типов берегов. Это обусловлено особенностями геолого-геоморфологического и

структурно-тектонического строения побережий Баренцева моря и связанными с ними условиями развития береговых процессов в голоцене, формированием бюджета наносов береговой зоны и разнонаправленными неотектоническими движениями, во многом предопределившими современные очертания контура береговой линии материковой части и островов.

Результаты комплексного геоморфологического анализа природных условий и факторов развития берегов, включая разработанные карты, являются незаменимой основой для дальнейших фундаментальных и прикладных исследований в регионе.

Материалы публикации подготовлены в рамках выполнения работ по анализу и обобщению результатов экологических исследований морей Российской Федерации, разработке серии экологических атласов (Заказчик работ: ПАО «НК «Роснефть»), по теме ГЗ АААА-А16-116032810055-0; АААА-А16–116032810095-6.

КОНФИГУРАЦИЯ ЛЕДОВОГО ПОКРОВА В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ.

Монтелли Александр Игоревич[1], Соловьева Марина Андреевна[2], Ахманов Григорий Георгиевич[2]

[1] *Scott Polar Research Institute, University of Cambridge, Cambridge CB2 1ER, UK*

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

Аннотация

По данным многолучевого эхолотирования, собранным в рейсе TTR-19 в северо-восточной акватории Баренцева моря, были произведены интерпретация и картирование современных форм гляциального и перигляциального рельефа. Было идентифицировано несколько видов осадочных тел ледникового происхождения, диагностирующих характер и направление течения ледового покрова. Детальное геоморфологическое картирование показало, что во время последнего оледенения один крупный, быстро текущий ледовый поток переходил через седловину Страхова в северо-восточном направлении, где вероятно соединялся с более крупным потоком, текущим на север вдоль жёлоба Святой Анны к своему краю на границе континентального шельфа. Реконструкция ледового покрова в регионе работ даёт новейшие, и первые достоверно установленные эмпирическими данными представления о конфигурации Евразийского ледового щита во время последнего оледенения. Таким образом, удаётся определить географическое расположение ледового купола во время последнего оледенения – важного компонента в реконструкции ледового покрова и региональной климатической истории. Согласно новым данным, собранным в ходе рейса TTR-19, ледовый купол находился к юго-западу от жёлоба Седова, предполагая зону максимального баланса между аккумуляцией и абляцией в центральной части Баренцева моря.

Введение

Во время последнего ледникового максимума (около 25-20 тыс. лет назад) большие части суши и окружающих её морей в северном полушарии были покрыты четырьмя крупными ледовыми щитами. Гренландский, Кордильерский и Лаврентийский ледовые щиты покрывали средние и высокие широты Северной Америки [Kleman et al., 2010], в то время как в северо-западной части Евразии, как на материке, так и в окружающих его морях, многочисленные геологические, геофизические и геохимические исследования свидетельствуют о сериях периодического наступания и отступания Евразийского ледового щита, достигавшего приблизительно 5.5 млн. км^2 по площади [Stokes et al., 2015; Patton et al., 2016]. Согласно геофизическим данным о строении морского дна, а также данным бурения, в периоды гляциальных максимумов Евразийский ледовый покров перекрывал большую часть шельфов северо-западной Европы, включая весь норвежский сектор Баренцева моря [Svendsen et al., 2004].

В отличие от западной части Баренцева моря, подробно покрытой сетью геолого-геофизических данных, восточный сектор шельфа характеризуется исключительно слабой изученностью, что отражается в крайне фрагментарном понимании климатической и ледниковой истории региона (Рис. 1) [Polyak et al., 2002; Hughes et al., 2016]. До экспедиции TTR19 достоверно не было известно, как изменялась краевая часть Евразийского ледового щита во время четвертичного периода и какова была конфигурация дренирующих его

ледовых потоков на огромной территории, простирающейся от Земли Франца-Иосифа до Кольского полуострова [Patton et al., 2016].

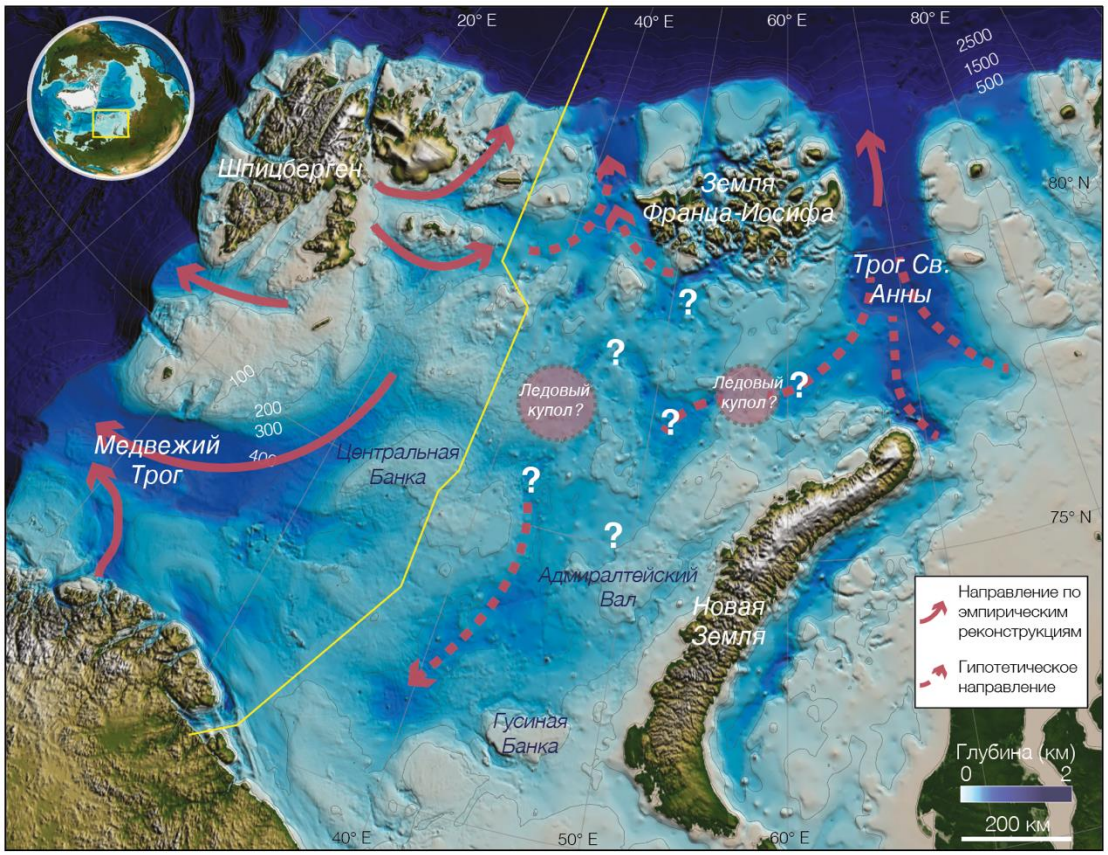


Рис. 1. Реконструкция конфигурации Евразийского ледового щита в Баренцевом море во время последнего оледенения (25-20 тыс. лет назад). Сплошные красные стрелки показывают направление течения ледовых потоков на основании картирования подводных ледниковых форм рельефа в западной части Баренцевоморского шельфа. Пунктирные красные линии обозначают гипотетическое направление течения ледовых потоков на основании крупных эрозионных форм рельефа трогов ледниковой эрозии.

Характеристика региона исследований

Район исследований площадью около 80,000 км^2 находится между Землёй Франца-Иосифа и Новой Землей (от 76° 15’ до 79° 20’ с.ш. и от 50° 25’ до 67° 25’ в.д.), покрывая Восточно-Баренцевоморскую впадину и восточную часть желоба Седова (Рис. 2). Диапазон глубин составляет от 60 м в северной части поднятия между желобом Седова и Восточно-Баренцевоморской впадиной (именованной здесь и далее по тексту «Седловиной Страхова») и достигает 450 м в глубинных частях трогов. Исходя из региональных батиметрических карт, рельеф дна в мелких частях региона исследований характеризуется нерегулярной морфологией с присутствием локальных повышений и депрессий. Одной из характерных особенностей морфологии дна Баренцевоморского шельфа является изрезанность подводных поднятий и банок бороздами выпахивания айсбергов.

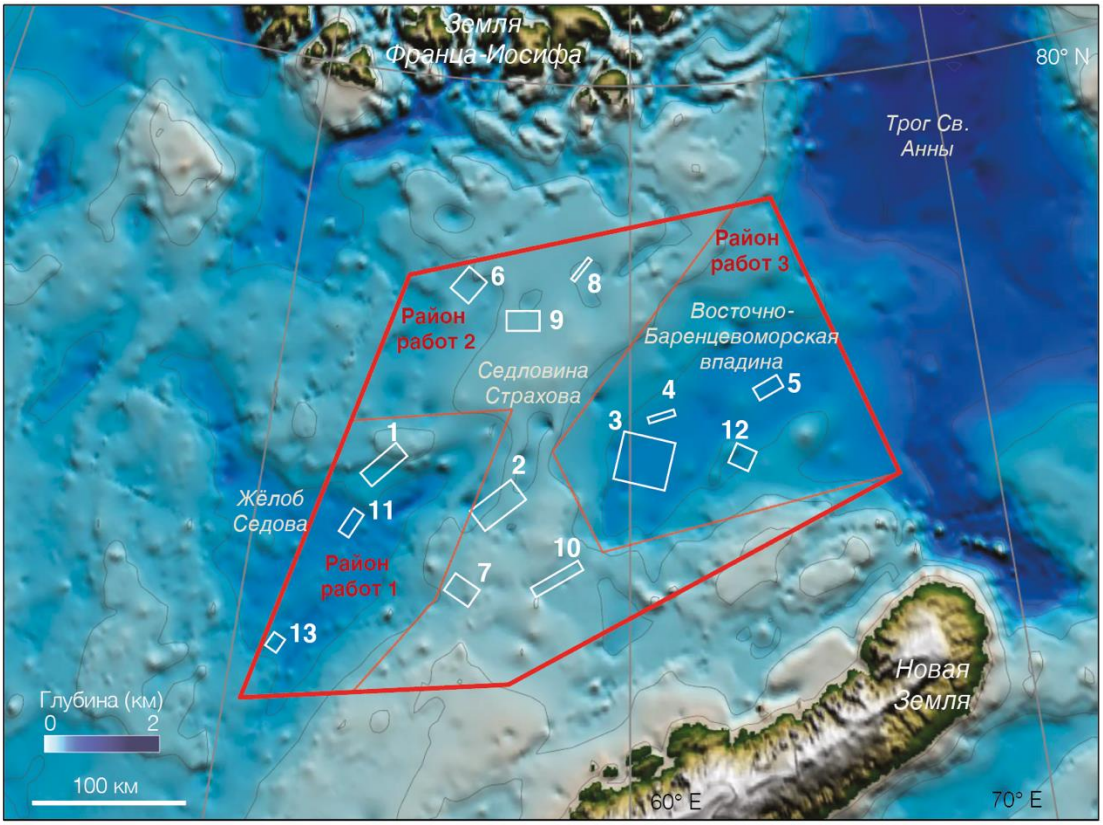


Рис. 2. Общие границы районов работ и полигонов детальной геолого-геофизической съёмки, выделенных в пределах региона исследований рейса TTR19.

Результаты

По данным многолучевого эхолотирования, собранных на полигонах детальных работ, были проведены интерпретация и картирование современных форм гляциального и перигляциального рельефа. В результате была получена информация как об общем распределении различных типов структур на площади исследований, так и данные, свидетельствующие о направлении и характере движения ледника. По результатам детального анализа полученных данных выделены следующие основные типы локальных форм рельефа:

- Борозды айсбергового выпахивания (ploughmarks [Dowdeswell et al., 2007])
- Борозды ледникового выпахивания (mega-scale glacial lineations [King et al., 2009; Spagnolo et al., 2014])
- Гляциотектонические структуры (glaciotectonic features/hillhole pairs [Saettem et al., 1990; Winsborrow et al., 2016])
- Терминальные моренные гряды (transverse moraine ridges [Ottesen et al, 2005])
- Призмы отлегания (groundingzone wedges [Batchelor et al., 2015; Dowdeswell et al., 2012; 2020])
- Туннельные долины и каналы (tunnel valleys and channels [Bjarnadottir et al., 2016])
- Озы (eskers [Livingstone et al., 2016])
- Кратеры взрыва (blowout craters [Andreassen et al., 2017])
- Покмарки (pockmarks)

Детальное картирование форм рельефа, диагностирующих характер и направление течения ледового покрова, показало, что несмотря на наличие регионального поднятия, разделяющего два глубоких трога, во время последнего оледенения один крупный, быстро

текущий ледовый поток переходил через седловину Страхова в северо-восточном направлении, где вероятно соединялся с более крупным ледовым потоком, текущим на север вдоль жёлоба Святой Анны к своему краю на границе континентального шельфа. В свою очередь, моренные комплексы, перекрывающие борозды ледникового выпахивания на северной бровке жёлоба Седова диагностируют наличие системы ледников, вероятно, продолжавших медленно отступать, в северо-западном направлении после отступания более быстрого, глубокого ледового потока, тёкшего на северо-восток через седловину Страхова. Ледниковые формы, встреченные в самом жёлобе Седова, свидетельствуют о наличии в нём зоны схождения ледовых потоков, тёкших в северном и восточном направлениях, соответственно.

Выводы

Реконструкция ледового покрова в регионе работ даёт новейшие и первые достоверно установленные эмпирическими данными представления о конфигурации Евразийского ледового щита во время последнего оледенения. Таким образом, удаётся определить географическое расположение ледового купола во время последнего оледенения – важного компонента в реконструкции ледового покрова и региональной климатической истории. Согласно новым данным, собранным в ходе рейса TTR19, ледовый купол находился к юго-западу от жёлоба Седова. Из этого следует, что именно в центральной части Баренцева моря преобладала зона максимального баланса между аккумуляцией и абляцией. Эта информация поможет в калибровке региональных климатических моделей и количественных моделей Евразийского ледового покрова.

Список литературы

Andreassen, K., Hubbard, A., Winsborrow, M., Patton, H., Vadakkepuliyambatta, S., Plaza Faverola, A., Gudlaugsson, E., Serov, P., Deryabin, A., Mattingsdal, R., Mienert, J., and Bünz, S., 2017. Massive blowout craters formed by hydratecontrolled methane expulsion from the Arctic seafloor. Science, 356(6341), 948–953.

Batchelor, C. L., and Dowdeswell, J. A., 2015. Ice-sheet grounding zone wedges (GZWs) on high latitude continental margins. Marine Geology, 363, 65–92.

URL http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2015.02.001

Bjarnadóttir, L., Winsborrow, M., and Andreassen, K., 2017. Large subglacial meltwater features in the central Barents Sea. Geology, 45(2), 159–162.

Dowdeswell, J. A., Batchelor, C. L., Montelli, A., Ottesen, D., Christie, F. D. W., Dowdeswell, E. K., and Evans, J., 2020. Delicate seafloor landforms reveal past Antarctic groundingline retreat of kilometers per year. Science, (p. 368).

Dowdeswell, J. A., and Fugelli, E. M., 2012. The seismic architecture and geometry of grounding zone wedges formed at the marine margins of past ice sheets. Bulletin of the Geological Society of America, 124(1112), 1750–1761.

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 three dimensional seismic evidence. Geology, 35(4), 359–362.

Hughes, A. L., Gyllencreutz, R., Lohne, Ø. S., Mangerud, J., and Svendsen, J. I., 2016. The last Eurasian ice sheets – a chronological database and timeslice reconstruction, DATED 1. Boreas, 45(1), 1–45.

King, E. C., Hindmarsh, R. C. A., and Stokes, C. R., 2009. Formation of megascale glacial lineations observed beneath a West Antarctic ice stream. Nature Geoscience, 2(8), 585–588. URL http://dx.doi.org/10.1038/ngeo581

Kleman, J., Jansson, K., De Angelis, H., Stroeven, A. P., Hättestrand, C., Alm, G., and Glasser, N., 2010. North American Ice Sheet buildup during the last glacial cycle, 115 21kyr. Quaternary Science Reviews, 29(1718), 2036–2051.

URL http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2010.04.021

Livingstone, S. J., Utting, D. J., Ruffell, A., Clark, C. D., Pawley, S., Atkinson, N., and Fowler, A. C., 2016. Discovery of relict subglacial lakes and their geometry and mechanism of drainage. Nature Communications, 7, 1–9.

URL http://dx.doi.org/10.1038/ncomms11767

Ottesen, D., Dowdeswell, J. A., and Rise, L., 2005. Submarine landforms and the reconstruction of fastflowing ice streams within a large Quaternary ice sheet: The 2500 km long Norwegian-Svalbard margin (57°-80°N). Bulletin of the Geological Society of America, 117(78), 1033–1050.

Patton, H., Hubbard, A., Andreassen, K., Winsborrow, M., and Stroeven, A. P., 2016. The buildup, configuration, and dynamical sensitivity of the Eurasian icesheet complex to Late Weichselian climatic and oceanic forcing. Quaternary Science Reviews, 153, 97–121.

Polyak, L., Gataullin, V., Gainanov, V., Gladysh, V., and Goremykin, Y., 2002. Kara Sea expedition yields insight into extent of LGM ice sheet. Eos, Transactions American Geophysical Union, 83(46), 525–529.

Saettem, J., 1990. Glaciotectonic forms and structures on the Norwegian continental shelf: observations, processes and implications. Norsk Geologisk Tidsskrift, 70(2), 81–94.

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 mega scale glacial lineations from a large and diverse dataset. Earth Surface Processes and Landforms, 39(11), 1432–1448.

Stokes, C. R., Tarasov, L., Blomdin, R., Cronin, T. M., Fisher, T. G., Gyllencreutz, R., Hättestrand, C., Heyman, J., Hindmarsh, R. C., Hughes, A. L., Jakobsson, M., Kirchner, N., Livingstone, S. J., Margold, M., Murton, J. B., Noormets, R., Peltier, W. R., Peteet, D. M., Piper, D. J., Preusser, F., Renssen, H., Roberts, D. H., Roche, D. M., Saint Ange, F., Stroeven, A. P., and Teller, J. T., 2015. On the reconstruction of palaeoice sheets: Recent advances and future challenges. Quaternary Science Reviews, 125, 15–49.

Svendsen, J. I., Alexanderson, H., Astakhov, V. I., Demidov, I., Dowdeswell, J. A., Funder, S., Gataullin, V., Henriksen, M., Hjort, C., Houmark Nielsen, M., Hubberten, H. W., Ingólfsson, Ó., Jakobsson, M., Kjær, K. H., Larsen, E., Lokrantz, H., Lunkka, J. P., Lysså, A., Mangerud, J., Matiouchkov, A., Murray, A., Möller, P., Niessen, F., Nikolskaya, O., Polyak, L., Saarnisto, M., Siegert, C., Siegert, M. J., Spielhagen, R. F., and Stein, R., 2004. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia. Quaternary Science Reviews, 23(1113), 1229–1271.

Winsborrow, M., Andreassen, K., Hubbard, A., Plaza Faverola, A., Gudlaugsson, E., and Patton, H., 2016. Regulation of ice stream flow through subglacial formation of gas hydrates. Nature Geoscience, (pp. 1–6).

ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ МИКРОЧАСТИЦ В ПОСТУПЛЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНОВ БЕЛОГО И КАРСКОГО МОРЕЙ

Шевченко Владимир Петрович[1], Боев Андрей Георгиевич[1], Лохов Алексей Сергеевич[1], Стародымова Дина Петровна[1], Воробьев Сергей Николаевич[2], Крицков Иван Викторович[2], Лим Артем Георгиевич[2], Новигатский Александр Николаевич[1], Покровский Олег Сергеевич[3,4]

[1]*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва*

[2]*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск*

[3]*Geosciences and Environment Toulouse, UMR 5563 CNRS, Тулуза, Франция*

[4]*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН, Архангельск*

Введение

Снежный покров является природным архивом вещества, поступающего из атмосферы (Василенко и др., 1985; Callaghan et al., 2011; Таловская и др., 2014; Василевич и др., 2015; Голохваст и др., 2015). В зимний период, когда влияние местных источников нерастворимых частиц (рассеянного осадочного вещества) ослаблено, поскольку окружающая суша покрыта снегом, водоемы – льдом, в приземном слое атмосферы возрастает роль дальнего воздушного переноса вещества (Шевченко, 2000; Лисицын, 2014; 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).

Изучение геохимии снежного покрова на севере Европейской части России и в Западной Сибири проводилось многими авторами (Caritat et al., 1998; Walker et al., 2003; Московченко, Бабушкин, 2012; Ермолов и др., 2014; Василевич и др., 2015). Особое внимание уделялось геохимии снежного покрова в районах воздействия промышленных источников. Значительно меньше исследований проводили в фоновых районах. Целью наших исследований являлось сравнительное изучение роли микрочастиц в поступлении тяжелых металлов в снежный покров некоторых районов 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., 2016, 2018). 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., 2017, 2020).

Снег отбирали в конце зимнего периода пластмассовыми совками в шурфах до замерзшей почвы или льда на озёрах и реках. Отобранный снег упаковывали в предварительно промытые деионизированной водой пластиковые пакеты или вёдра. В лаборатории снег растапливали и фильтровали через предварительно взвешенные лавсановые ядерные фильтры диаметром 47 мм с размером пор 0,45 мкм. После высушивания ядерные фильтры были повторно взвешены, для каждой пробы была вычислена средняя массовая концентрация нерастворимых частиц. Состав частиц был изучен с помощью сканирующего электронного микроскопа VEGA 3 SEM (Tescan) с помощью энергодисперсионного рентгеновского микроанализатора EDX X-Max (Oxford Instruments). После разложения аликвоты фильтров смесью сильных кислот элементный состав

нерастворимых частиц определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Более подробно методика исследования изложена в ряде публикаций (Шевченко и др., 2007, 2012; Стародымова и др., 2018; Shevchenko et al., 2017).

Результаты и их обсуждение

В фоновых прибрежных районах водосбора Белого моря в Республике Карелия и Архангельской области концентрация нерастворимых частиц в снеге была ниже 3 мг/л. Это незначительно выше, чем фоновые для снежного покрова Арктики значения (Шевченко и др., 2007). Значительно более высокие концентрации частиц были вблизи городов и вдоль железнодорожных путей и шоссе. Взвешенное вещество снега состоит в основном из биогенных и литогенных частиц с примесью антропогенных частиц (пепла и агрегатов черного углерода); доля антропогенных частиц повышается вблизи городов и транспортных магистралей.

Микроэлементный состав нерастворимых частиц в снежном покрове на полуострове Киндо (северо-западное побережье Кандалакшского залива) в общих чертах соответствует среднему составу верхней части континентальной земной коры (Rudnick, Gao, 2003), однако ряд элементов (Ni, Cu, Cd, Sb, W, Pb, Bi) обогащает частицы по сравнению с верхней частью континентальной земной коры (Стародымова и др., 2016). Повышенное поступление Ni, Cu и Cd обеспечивается близостью металлургических комбинатов Кольского полуострова.

При исследовании элементного состава нерастворимых частиц в снежном покрове Приморского района Архангельской области (Стародымова и др., 2018) для выявления источников элементов были вычислены коэффициенты обогащения (КО) относительно среднего состава верхней части континентальной земной коры по формуле:

$$КО = (Эл./Sc)_{образец}/(Эл./Sc)_{з.к.}$$

где Эл. и Sc – это концентрации данного элемента и скандия в образце и в земной коре (Rudnick, Gao, 2003) соответственно. Sc был взят в качестве индикатора литогенного источника вещества. Значения КО, превышающие 5, свидетельствуют о дополнительном источнике вещества, отличном по составу от среднего состава верхней части континентальной земной коры. Исходя из значений КО о дополнительном источнике поступления можно говорить только в отношении Cd, Pb и Bi. В пробе, отобранной в непосредственной близости от шоссе наблюдаются наименьшие КО для кадмия, свинца и висмута, что может свидетельствовать о значительном разбавлении нерастворимого вещества снега литогенной пылью вблизи от дороги. В фоновых районах (оз. Пикалёво, оз. Светлое и точка на максимальном удалении от шоссе на оз. Заднее) большее значение приобретает материал, поступающий из удаленных источников (Виноградова и др., 2017), поэтому значения КО для тех элементов, которые связаны с антропогенным загрязнением, существенно выше в фоновых районах.

Концентрация нерастворимых микрочастиц в снежном покрове бассейна реки Обь на меридиональном профиле протяженностью 2800 км от Барнаула до Салехарда в феврале 2020 г. на большинстве исследованных участков оказалась на относительно низком уровне (от 0,48 до 3,42 мг/л) (Shevchenko et al., 2020). Этот уровень соответствует фоновым значениям во многих регионах Арктики и Субарктики (Шевченко и др., 2007). Твердые частицы снега состоят главным образом из биогенных (в основном фрагментов растений) и литогенных частиц, смешанных с антропогенными частицами (пепел и агрегаты сажи). Содержание растительных остатков существенно не различается на этом разрезе. Было обнаружено, что доля антропогенных частиц увеличивается вблизи городов и районов

активной добычи углеводородов и сжигания попутного газа. Выбросы продуктов сгорания попутного газа в атмосферу содержат в значительных количествах углекислый газ, черный углерод (сажу), ряд газовых примесей (оксиды азота и серы, метан и другие углеводороды), Hg, Zn, Ni, As, Sb, Cr, Pb (Московченко, Бабушкин, 2012; Большунова, 2015). В целом, в феврале 2020 г. сильного загрязнения снежного покрова на субмеридиональном профиле в бассейне Оби не было.

Заключение

Перенос тяжелых металлов от их основных источников с последующим осаждением в снежном покрове является важным механизмом их поставки в природную среду арктических и субарктических районов, включая водосборные бассейны Белого и Карского морей.

В фоновых районах водосборных бассейнов Белого и Карского морей содержание нерастворимых микрочастиц и связанных с ними тяжелых металлов находится на сравнительно низком уровне, характерном для Арктики. Их содержание возрастает вблизи крупных городов, транспортных магистралей и районов активной добычи углеводородов, сопровождающейся сжиганием попутного газа.

Благодарности

Авторы благодарят всех коллег, помогавших в полевых и лабораторных исследованиях. Исследования выполняли при поддержке РФФИ (грант № 19-05-00938 при работе в водосборе Белого моря и грант № 19-05-50096 при работе в водосборе Карского моря).

Список литературы

Большунова Т.С. Оценка степени трансформации природной среды в районах нефтегазодобывающего комплекса Томской области по данных изучения снегового покрова и лишайников-эпифитов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2015. 22 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.

Виноградова А.А., Котова Е.И., Топчая В.Ю. Атмосферный перенос тяжелых металлов в районы севера Европейской территории России // География и природные ресурсы. 2017. № 1. С. 108–116.

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., Махатков И.Д., Худяев С.А. Фоновые концентрации химических элементов в снежном покрове центрального сектора Западной Сибири // Оптика атмосферы и океана. 2014. Т. 27. № 9. С. 790–800.

Лисицын А.П. Современные представления об осадкообразовании в океанах и морях. Океан как природный самописец взаимодействия геосфер Земли // Мировой океан. Т. II.

Физика, химия и биология океана. Осадкообразование в океане и взаимодействие геосфер Земли. М.: Научный мир, 2014. С. 331–571.

Московченко Д.В., Бабушкин А.Г. Особенности формирования химического состава снеговых вод на территории Анты-Мансийского автономного округа // Криосфера Земли. 2012. Т. XVI. № 1. С. 71–81.

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.

Стародымова Д.П., Шевченко В.П., Боев А.Г. Вещественный и элементный состав нерастворимых частиц в снеге северо-западного побережья Кандалакшского залива Белого моря // Успехи современного естествознания. 2016. № 12-2. С. 449–453.

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.

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.

Caritat P. de, Äyräs M., Niskavaara H. et al. Snow composition in eight catchments in the central Barents Euro-Arctic region // Atmospheric Environment. 1998. V. 32. P. 2609–2626.

Rudnick R.L., Gao S. Composition of the continental crust // Treatise on Geochemistry / Holland H.D., and Turekian K.K. (eds.). Amsterdam: Elsevier, 2003. V. 3. P. 1–63.

Shevchenko V.P., Pokrovsky O.S., Vorobyev S.N. et al. Impact of snow deposition on major and trace element concentration and elementary fluxes in surface waters of the Western Siberian Lowland across a 1700 km latitudinal gradient // Hydrology and Earth System Sciences. 2017. V. 21. P. 5725–5746.

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 (submitted).

Walker T.R., Young S.D., Crittenden P.D., Zhang H. Anthropogenic metal enrichment of snow and soil in north-eastern European Russia // Environmental Pollution. 2003. V. 121. P. 11–21.

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.

ПОСЛЕЛЕДНИКОВАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ БЕЛОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ МИКРОПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Агафонова Елизавета Андреевна[1,2], Полякова Елена Ивановна[1], Новичкова Екатерина Александровна[2]

[1] *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

[2] *Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, Москва*

Введение

Белое море – небольшой полузамкнутый водоем, относящийся к системе Северного Ледовитого океана. Основные особенности современных гидрологических, гидробиологических и седиментационных процессов в Белом море регулируются значительным стоком рек, обширной атлантической водной адвекцией и его внутриконтинентальным положением. Последние 11.7 тыс. к.л.н. Беломорский регион испытывал на себе последствия снятия ледниковой нагрузки, проявившиеся в дифференцированных гляциоизостатических движениях. Новейшие тектонические движения, климатические флуктуации, а также изменения интенсивности проникновения трансформированных атлантических вод значительно влияли на развитие природной среды в послеледниковое время [Невесский и др., 1977; Demidov et al., 2006; Hughes et al., 2015; Репкина и др., 2018]. Диатомовый анализ совместно с радиоуглеродным датированием позволяет решать широкий круг вопросов связанных с эволюцией морских арктических экосистем и является одним из ведущих микропалеонтологических методов палеогеографических реконструкций послеледниковья Беломорского региона [Полякова, 2010].

Данные и методы

Работа основана на результатах диатомового анализа датированных радиоуглеродным методом отложений из 13 колонок донных осадков моря и береговых отложений (рис.1).

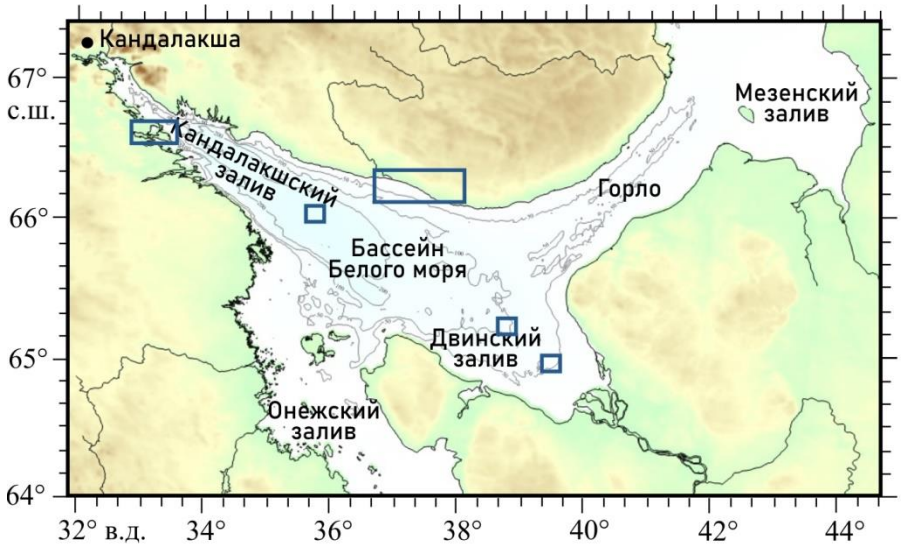


Рис. 1. Карта Белого моря с расположением исследуемых районов его акватории и побережий.

Шесть колонок морских и озерно-болотных отложений Карельского берега и три колонки, вскрывающие отложения Терского берега были получены в рамках практик и экспедиций кафедры геоморфологии и палеогеографии Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в 2013-16 гг. Колонки донных осадков из Двинского и Кандалакшского залива 6066, 6042 и 6050, получены сотрудниками лаборатории физико-геологических исследований имени А.П. Лисицына Института Океанологии в 80м рейсе

НИС “Профессор Штокман” в 2006 г. Колонка из кутовой части Ругозерской губы была получена в рамках экспедиционных геофизических работ 2017 года на Беломорской Биологической Станции им. Н.А. Перцова МГУ им. М.В. Ломоносова.

Диатомовые водоросли изучены в 219 образцах. Техническая обработка образцов проводилась по стандартным методикам [Диатомовые водоросли СССР, 1974]. Видовые определения диатомей в препаратах осуществлялись с помощью микроскопа JENAVAL (Carl Zeiss) при увеличении в 1000 раз. Концентрации створок диатомей на 1 г сухого осадка (ств./г) подсчитывались по методике Battarbee [1973]. Интерпретация результатов диатомового анализа основывалась на ранее выявленных закономерностях формирования диатомовых сообществ в поверхностном слое донных отложений Белого моря [Polyakova, Novichkova, 2018].

Изменения гидрологических и климатических условий в Белом море в голоцене

На основе результатов диатомового анализа морских и озерно-болотных отложений, а также сравнения с ранее опубликованными данными [Джиноридзе, 1971; Невесский и др., 1977; Полякова и др., 2014; Зарецкая, 2017; Новичкова и др., 2017; Репкина и др., 2018 и др.] удалось выявить особенности изменения гидрологических и климатических условий в голоцене.

Для отложений пребореального времени центральной части Двинского залива характерны низкие концентрации, а иногда и полное отсутствие диатомовых водорослей, что указывает на низкую продуктивность существовавшего на поздних этапах дегляциации сильно распресненного морского залива. В Двинский залив поступали талые ледниковые воды, речные и атлантические воды из Баренцева моря. Начало проникновения последних приходится еще на первую половину пребореала.

Для бореального периода характерны небольшие изменения уровня моря. Отложения трансгрессии Фолас (8,0-9,0 тыс.к.л.н), были обнаружены на $h_{абс}$ 18,0 м на Терском берегу в районе с. Чаваньга [Агафонова и др., 2020а] и во внешней части Кандалакшского залива [Агафонова и др., 2020б]. Усиление гидродинамической активности также отмечено во внешней части Двинского залива [Полякова и др., 2014]. Судя по увеличению числа относительно тепловодных видов диатомей, видов-индикаторов поступления атлантических вод в Белое море (*Actinoptychus senarius* и *Coscinodiscus radiatus*), высоким значениям АН-критерия (отношение содержания цист автотрофных видов динофлагеллат к цистам гетеротрофных видов) в начале бореального времени во внешней части Кандалакшского залива устанавливается устойчивая связь с Баренцевым морем.

Атлантический период в целом характеризуется благоприятными для развития диатомовой флоры гидробиологическими условиями. Кратковременное снижение температур воды в первой половине атлантического периода (8,2-8,1 тыс. л.н.) отмечено в Белом море по увеличению численности холодноводных арктико-бореальных планктонных диатомей (*Fragilariopsis oceanica, Thalassiosira gravida* и *Chaetoceros mitra*). Наиболее благоприятные условия для фитопланктона в Двинском заливе сформировались 6,5–5,1 тыс. к.л.н в период оптимума голоцена. Влияние трансгрессии Тапес проявляется во всех исследованных колонках. Для отложений трансгрессии характерны максимальные концентрации диатомей, связанные с увеличением продуктивности вод, увеличивается таксономическое разнообразие. В отложениях Терского берега трансгрессия проявляется в виде второго пика морских диатомей около 7-7,5 тыс.к.л.н. Западнее, в районе устья р.

Варзуги, установлено формирование террасового уровня стадии Тапес, поднятого сейчас на высоты 30-40 м.

С первой половины атлантического времени до середины суббореального периода в центральной части Двинского залива судя по постепенному увеличению числа относительно тепловодного вида *Coscinodiscus radiatus* происходит улучшение гидробиологической обстановки. При этом начиная с суббореального периода в континентальных озерно-болотных осадках Терского берега отмечено начало ухудшения гидробиологических условий, которое прослеживается вплоть до позднего голоцена [Агафонова и др., 2020 а]. В отложениях Терского берега и внешней части Кандалакшского залива увеличение числа относительно тепловодных видов и концентраций диатомей в осадках второй половины суббореала связано с трансгрессией Тривия.

Во всех исследованных колонках малый климатический оптимум и малый ледниковый период субатлантического времени проявляются в изменении концентрации диатомей и видовом составе. Гидробиологические условия и состав диатомовых ассоциаций становится близок к современному. При этом пресноводные виды появляются в значительных количествах в составе диатомовых сообществ верхних частях морских колонок, что указывает на возрастающий приток поверхностных вод.

Заключение

Таким образом, на основе обобщения полученных результатов микропалеонтологических и геоморфологических исследований и опубликованных данных об истории развития Беломорского региона удалось восстановить условия осадконакопления, начиная с пребореального времени и выявить региональные особенности основных событий голоцена.

Работа выполнена в рамках ГЗ АААА-А16-116032810080-2, 0149-2019-0007.

Список литературы

Агафонова Е. А., Полякова Е. И., Романенко Ф. А. Диатомовые водоросли в голоценовых отложениях Терского берега Белого моря в связи с историей его развития в послеледниковое время // *Арктика и Антарктика*. 2020а. № 2. С. 1–16.

Агафонова Е. А., Полякова Е. И. Палеогеографические события в Двинском заливе Белого моря в послеледниковое время // *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 2020б. № 5. С. 73–78.

Джиноридзе Р.Н. Диатомовые водоросли из донных осадков Белого моря в связи с его историей в голоцене. Автореф. дис. .канд. биол. наук. Л., 1971. 23 с.

Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. I. Л.: Наука, 1974. 403 с.

Зарецкая Н.Е. История развития дельты р. Северной Двины в голоцене // Система Белого моря (под ред. академика РАН А.П.Лисицына). Т. 4. Научный мир Москва, 2017. С. 268-292.

Невесский Е.Н., Медведев В.С., Калиненко В.В. Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. М., «Наука», 1977, 236 с.

Новичкова Е.А., Рейхард Л.Е., Лисицын А.П., Рыбалко А.Е., de Vernal A. Новые данные по истории развития Двинского залива Белого моря в голоцене //ДАН. 2017. Т.474. № 3. С. 365-369

Полякова Е.И. Диатомовый анализ // Методы палеогеографических реконструкций, под ред. П.А. Каплина, Т.А. Яниной. М., 2010, с. 126-154

Репкина Т. Ю., Зарецкая Н. Е., Шилова О. С. Двинский залив Белого моря в позднеледниковье – раннем голоцене // *Геоморфология*. 2018. № 2. С. 71–87.

Battarbee R.W. A new method for the estimation of absolute microfossil numbers, with reference especially to diatoms// Limnology and Oceanology, vol. 18, no 4, pp. 647-653, 1973

Demidov I.N., Houmark-Nielsen M., Kjaer K.H., LarsenE.. The last Scandinavian Ice Sheet in nothwestern Russia: ice flow patterns and decay dynamics // Boreas. 2006. Vol. 35. P. 425-433

Hughes A. L. C., 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. 10.1111/bor.12142.

Polyakova Y. I., Novichkova Y. A. Diatoms and aquatic palynomorphs in the White Sea sediments as indicators of sedimentation processes and paleoceanography // Sedimentation Processes in the White Sea: The White Sea Environment. Lisitzin A.P., Demina L.L. (eds.). Vol. 2 of *Hdb Environmental Chemistry*. — Springer International Publishing AG, part of Springer Nature New York, 2018. P. 10–48.

ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БЕЛОГО МОРЯ: ТИПИЧНЫЙ ПРИМЕР ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРОВА ДОННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ВО ВНУТРЕННИХ БАССЕЙНАХ ГЛЯЦИАЛЬНОЙ ЗОНЫ.

Рыбалко Александр Евменьевич[1,2,3], Никонов Константин Алексеевич[4], Парамонова Марина Сергеевна[5].

[1]Центр морских исследований МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва,

[2]Институт наук о Земле СПБГУ, Санкт-Петербург,

[3]Институт водных проблем Севера Кар. Центра РАН, Петрозаводск,

[4]ФГБУ ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург,

[5] ОАО Мурманская арктическая геологоразведочная экспедиция (МАГЭ), Мурманск.

Белое море является внутришельфовым водоемом гляциальной зоны и формирование современного покрова донных отложений во многом определялось как особенностями дегляциации последнего ледникового покрова, так и современными факторами седиментогенеза: речным стоком, абразионными процессами, донным размывом и переотложением обломочного материала. В последние десятилетия на это накладываются техногенные факторы. Существует несколько каналов информации о геологическом строении дна акваторий: геологические карты со снятым чехлом рыхлых отложений, четвертичных отложений, а также карты и карты-схемы закономерностей распределения полезных ископаемых, геоморфологические, геолого-экологические и литологические карты поверхности морского дна. Последние ведут свое начало от карт донных осадков и являются единственными в указанном комплекте «плоскими» картографическими продуктами, ибо на них показаны не трехмерные геологические тела, а двухмерные поля осадков и выходов более древних образований на поверхность морского дна. Потребность в документах такого рода имеется не только у геологов, но и гораздо шире - рыбаков, экологов, биологов, представителей морского транспорта и военного ведомства.

Литологическая карта Белого моря составлена по данным мелкомасштабного геологического картирования листов Q-36-38. При ее составлении использованы также данные опытно-методического среднемасштабного картирования ВСЕГЕИ (1970-1981г.г.) и работ ИОРАН по программе «Мировой океан, Белое море» в 2004-2007г.г. В качестве цифровой основы рельефа использована цифровая модель, созданная в ИОРАН [Никифоров и др., 2012].

Донные отложения Белого моря по своему происхождению являются типично терригенными (в отдельных местах происходит формирование биогенно-терригенных осадков, но и там преобладают обломочные карбонатные отложения). Вследствие этого главным объектом картографирования донных осадков являлся их гранулометрический состав. Для выделения полей донных образований использовалась классификация Л.Б. Рухина, что потребовало пересчета полей донных осадков, показанных на Государственных геологических листах масштаба 1:1000000, составленных в десятичной классификации. Современный покров донных отложений Белого моря формируется под влиянием целого ряда факторов, среди которых определяющими являются рельеф морского дна, гидродинамический режим бассейна, условия поступления обломочного материала как со стоком рек, так и в результате абразии. Последний фактор также существенно зависит от климатических условий, которые в целом можно сформулировать как субарктические морские.

Рельеф дна Белого моря очень контрастный. Средние глубины варьируют от 30-50 м в Горле и Двинском и Онежском заливах до более 300 м в Центральной впадине. Наиболее заметной формой донной поверхности является Центральная впадина, которая в виде широкого желоба с глубинами более 100 м тянется с северо-запада (из Кандалакшского залива) на юго-восток. Рельеф трех главных заливов Белого моря резко отличается друг от друга: в Кандалакшском заливе он определяется простиранием выше указанной впадины (он наиболее глубоководный); поверхность Онежского залива имеет резко пересеченный

характер, вдоль Онежского полуострова протягивается небольшой желоб, который упирается в устье реки Онеги; Двинский залив характеризуется спокойным рельефом, открыт на северо-запад, в вершину его впадает река Северная Двина, формирующая крупную дельту. Столь контрастный рельеф находит свое отражение и в распределении донных осадков (рис.1)

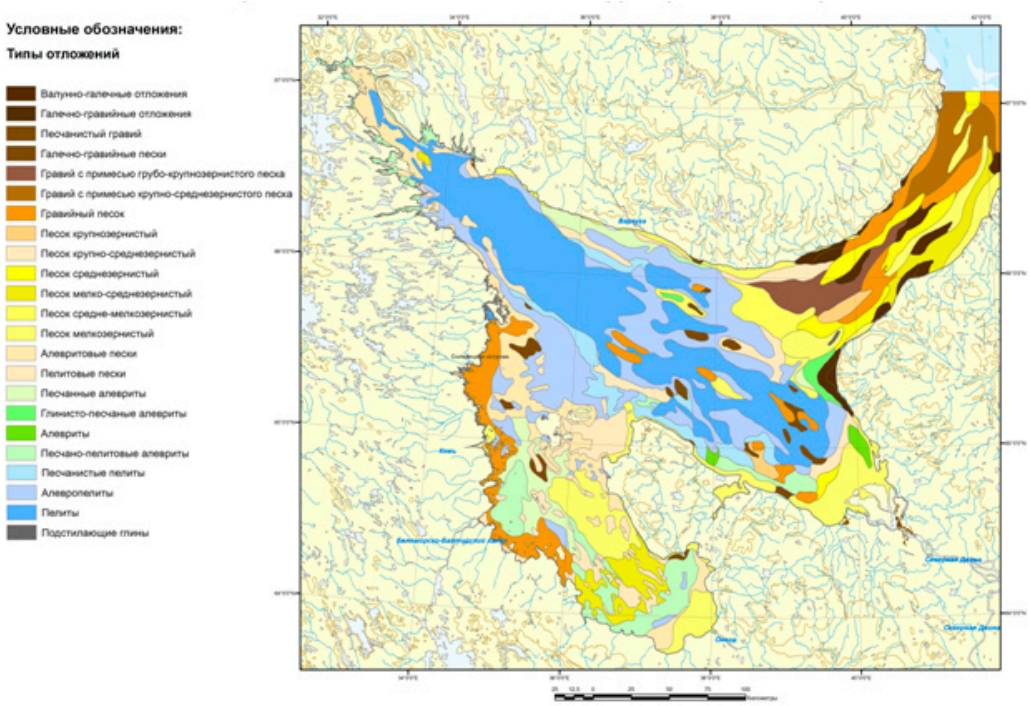


Рисунок 1 Литологическая карта дна Белого моря

На приводимой выше карте отчетливо видно, что осевая часть Белого моря от Кандалакшского до Двинского залива покрыта большей частью алевропелитовыми осадками, а в Горле Белого моря развиты преимущественно грубообломочные отложения и динамичные пески. Для Онежского залива характерно мозаичное распределение осадков.

Другим важнейшим фактором формирования современного покрова донных осадков в Белом море является его гидродинамический режим. При этом ведущую роль играют приливо-отливные течения, охватывающие всю толщу воду. В результате на большей части моря (за исключением шхерных районов) до глубин 50-60м отсутствуют современные осадки и на дне господствуют условия размыва (до 10м) или ненакопления современных отложений, а донная поверхность покрыта перлювиальными образованиями, гранулометрический состав которых находится в резком несоответствии с современным гидродинамическим режимом. В узостях (проливе Восточная Соловецкая Салма и особенно в Горле Белого моря) под влиянием приливо-отливных течений формируются транзитные флювиальные песчаные осадки, образующие своеобразные формы рельефа – песчаные ленты, песчаные волны, песчаные гряды.

Еще одной особенностью современных седиментационных процессов в Белом море является резкий дефицит обломочного материала. Общий сток рек в Белое море составляет около 215 млрд км^3. Крупнейшая река – Северная Двина ежегодно выносит в морской бассейн около 111 млрд км^3. Сток остальных существенно ниже. Так, Онега выносит всего 16 млрд км^3, остальные существенно ниже. Сток взвешенных наносов Северной Двины составляет около 10млн. т, остальные реки отличаются значительной прозрачностью, наличием порогов в нижней части течения, а на Кольском полуострове - заозеренностью приустьевых областей. Все это приводит к тому, что влияние рек на осадконакопление ощущается только непосредственно в устьях. Наиболее крупной является дельта реки Северная Двина (около 900км^2). На Кольском полуострове река Варзуга характеризуется также порогами в нижнем русле, а вынос обломочного материала в течении голоцена позволил сформировать

гигантскую косу, на берегу которой в настоящее время располагается село Кузомень. В устьях же других рек (как Стрельны так и Чапомы) расположены только песчаные бары.

Абразия берегов в целом развита достаточно слабо, особенно в зоне распространения кристаллического фундамента. На восточных берегах Онежской и Двинской губ отчетливо прослеживаются клифы, большей частью мертвые, но есть и активные. Активно происходит размыв юго-восточного берега Горла Белого моря. У северо-западного берега фиксируется почти постоянно клиф, выработанный в четвертичных отложениях и, частично, затрагивающий кристаллический цоколь. По данным В.С. Медведева скорость отступания берега на Онежском полуострове составляет 0,5-1,0м, а в Горле возрастает до 1,5-1,8м Максимально абразия проявлена в Воронке Белого моря, к северу от устья реки Мезень, Здесь по данным О.В. Суздальского средняя скорость отступания абрадируемых берегов составляет до 1,5 м/год, а объем материала от абразии берегов достигает 12 млн. т/год.

Донные осадки Белого моря включают в себя весь спектр гранулометрических разностей от валунов до пелитов. Валунно-галечные отложения покрывают значительные пространства Горла Белого моря, отмечаются практически на всем бассейне, где маркируют выходы моренных гряд на поверхность дна. Огромное количество мелких полей валунов и галечно-щебнистых отложений фиксируется в Кандалакшском заливе.

Крупные поля песчаных осадков, в которых псаммитовая фракция превышает 70%, распространены в Горле и Воронке Белого моря, где они формируются в условиях стабильных интенсивных приливо-отливных течений. Пески покрывают выровненные площади и желобообразные депрессии. Они разделены обширными абразионными участками, покрытыми валунно-галечным материалом. Часто по данным гидролокации бокового обзора видно, как песчаные волны идут по гравино-галечной покрышке, бронирующей зоны размыва. Для песков, формирующихся под воздействием течений, характерны низкая плотность (в отличие от прибрежных песков) и почти полное отсутствие тяжелых минералов Моногранулярные пески создают широкий фон на выровненных участках Онежского залива и в авандельте Северной Двины. Также олни отмечены на Соловецком шельфе. Содержание песка в этих осадках составляет 75-80%, из примесей присутствует алеврит 10-20% и пелит – 10-15%. Пески умеренно сортированы.

Кроме того, они характерны для прибрежных зон, где в качестве основного седиментационного фактора выступает волнение. Наиболее характерно такое поле песков у устья реки Варзуга. Эти пески, в отличие от течениевых, обогащены тяжелыми минералами, вплоть до появления промышленно значимых концентраций.

Пески с гравием (дресвой) кристаллических пород также достаточно широко распространены преимущественно в Горле и Воронке Белого моря. Содержание песка в осадке составляет 62-70%, гравия - 25-40%. Алевритовые и глинистые пески обычно залегают батиметрически глубже разностей с чистым песком. Эти осадки характерны для склонов глубоководной впадины, Двинского залива. Они также локально встречаются в Онежском заливе. Содержание песчаной фракции в этих песках изменяется от 52 до 70%, алеврита и пелита - от 20 до 40 %. Гипсометрически ниже алевритовые и глинистые пески переходят в песчаные и алевритовые миктиты.

Алевритовые осадки развиты незначительно, хотя примесь алеврита в других типах осадка, особенно в пелитовых, всегда высока. Преимущественно чистые алевритовые осадки встречаются в дельте Северной Двины. Содержание алеврита здесь в осадках более 80%, из примесей присутствует песок и пелит, в количествах менее 10%. Формирование подобных осадков в береговой зоне Двинского залива обусловлено выносом мелкозернистого материала Северной Двиной и действием вдольбереговых течений.

Одним из наиболее распространенных типов осадков в Белом море являются пелиты, точнее неразделенная группа осадков, выделяемая под названием алевропелитов. Эти осадки покрывают поверхность относительно глубоководных участков, занимают большую часть центральной впадины Белого моря и прилегающие к ней области на глубинах моря, превышающих 150 м. В остальных случаях в пелитовых осадках всегда отмечается примесь песка (4-8 %) и алеврита -6-15 %. Формирование однородных пелитовых и алевропелитовых

отложений связано с седиментацией нефелоидного типа. Алевропелитовые осадки также покрывают дно большинства фиардов в Кандалакшском заливе, но здесь резко возрастает содержание алевритовых частиц, количество которых может превышать 20%.

Еще одним из типов осадков, характерных для Белого моря, как и для всех морей гляциальной зоны, являются смешанные осадки или миктиты. Они содержат взаимодополняющие размерные группы фракций в количестве от 25 до 50 % каждую, сопутствующие — от 10 до 25 %, характеризуются плохой сортировкой и формируются в условиях незавершенной механической дифференциации.

В Белом море выделены следующие типы миктитов: алеврито-гравийно-песчаные, пелито-алеврито-песчаные, алеврито-пелито-песчаные, пелито-песчано-алевритовые и песчано-пелито-алевритовые, алеврито-песчано-пелитовые и песчано-алеврито-пелитовые. Наиболее характерны такие осадки для полей с развитием перлювиального генетического типа, который формируется преимущественно за счет избирательного выноса мелкозема. Они выполняют значительные по площади пространства между районами распространения осадков переходного типа, связаны с ними и между собой фациальными переходами.

Из мелкообломочных миктитов наиболее широко распространены *песчано-пелито-алевритовые* и *песчано-алеврито-пелитовые*, связанные фациальными переходами. Глубины их встречаемости изменяются в широких пределах: от уреза воды в прибрежной зоне до 100-150 м на склонах желобов. Пространственно они совпадают с выявленными по данным высокочастотного профилирования абразионных участков морского дна.

Как уже отмечалось выше в Белом море, как и во всех морях Западно-Арктического шельфа господствуют терригенные отложения. Однако в Белом море имеют развитие карбонатные биогенно-терригенные отложения. Они установлены в районе Восточной Соловецкой Салмы (район Соловецкого шельфа) и, особенно, во внешней части Воронки. Здесь были оконтурены поля гравийных песков, грубообломочная фракция которых представлена дробленой ракушей. Эти осадки располагаются на глубине от 5 до 30 м. Вскрытая мощность их более 4 м. Образование их связано как с процессами размыва песчанисто-глинистых отложений, сформированных в атлантическое время голоцена, которое характеризовалось максимумом биопродуктивности (*Chlamys, Macoma, Leda, Astarte)*, так и разрушения банок моллюсков, приуроченных к участкам дна, сложенных валунным материалом.

Для донных отложений Белого моря характерно обогащение тяжелыми минералами, особенно для песков волнового генезиса, вплоть до образования россыпных рудопроявлений.

Данные исследования были проведены при поддержке гранта РФФИ № 18-05-00303

Список литературы

Никифоров С.Л., Кошель С.М., Фроль В.В. Цифровая модель рельефа дна Белого моря. Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2012. № 3. С. 86-92.

ГЕОХИМИЯ ПОРОВЫХ ВОД ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ШЕЛЬФА БАРЕНЦЕВА МОРЯ В РАЙОНЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Казак Екатерина Сергеевна[1], Ахманов Григорий Георгиевич[1], Барковский Макар Дмитриевич[1], Шиндина Наталья Евгеньевна[1], Даниленко Анна Сергеевна[1]

[1] *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

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).

Изучение геохимии донных осадков и поровых вод Баренцева моря было начато в 60-х годах XX века, несмотря на это северо-западный сектор все еще характеризуется слабой изученностью. Хотя данные по химическому составу поровых вод обладают высокой информативностью, являясь чувствительным индикатором самых разнообразных процессов, протекающих в донных отложениях. Как правило, в районах со спокойным осадконакоплением при отсутствии разломов и подтоков химический состав поровых вод осадков наследует состав воды водного объекта. Изменения в составе поровых вод маркируют общие природные аномалии, такие как наличие активных разломов, тектонических подвижек, подтоков по проницаемым зонам (Гурский, 2003).

На шельфе северо-западного побережья Баренцева моря в ходе морской международной экспедиции TTR-19 "Обучение-через-Исследование" (Training-through-Research) были зафиксированы фокусные разгрузки газовых «факелов» и глубинные разломы. Поэтому задачей данных исследований являлось изучение гидрогеохимических особенностей и процессов формирования химического состава поровых вод в системе «иловые воды -донные отложения» в районе очагов субаквальной разгрузки флюидов северо-западного побережья Баренцева моря (Рис. 1) с целью выявления возможных маркеров изменения их химического состава.

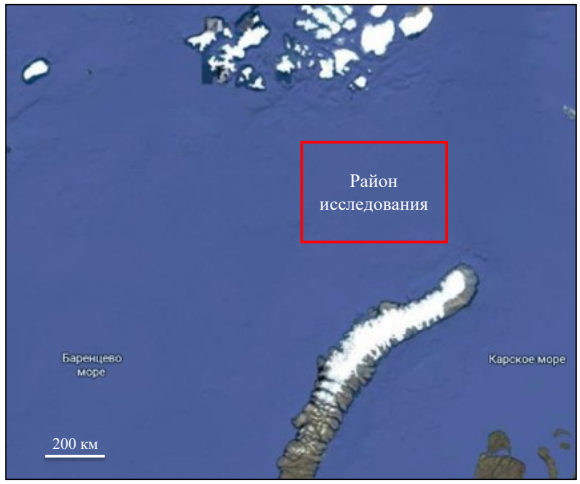


Рис. 1. Расположение района исследования в Баренцевом море.

Материал и методы исследования

Определение макро- и микрокомпонентного состава поровых вод проводилось для проб донных отложений, отобранных с борта судна в Баренцевом море ударной трубкой. Непосредственно после вскрытия гравитационного пробоотборника на судне выполнялось измерение температуры, pH и Eh. Затем в отжатых поровых водах определялись концентрации нестабильных компонентов. Дальнейший анализ макро- и микрокомпонентого состава поровых вод выполнялся в гидрогеохимической лаборатории кафедры гидрогеологии геологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова.

Минеральный состав определен методом рентгенофазовой дифрактометрии на анализаторе «Дрон-3М».

Определения емкости катионного обмена (ЕКО) выполнены модифицированным методом спиртового раствора хлорида аммония с предварительной отмывкой образцов от легкорастворимых солей 70%-ным спиртом (Kazak et al., 2020).

В выделенных поровых водах методами объемного титрования было определено содержание HCO_3^-; методом ионной хроматографии определялось содержания катионов Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+ и K^+, Cl^-. Содержание SO_4^{2-} и Fe определено с помощью спектрофотометра. Содержание микрокомпонентов в поровых водах измерялось на масс-спектрометре высокого разрешения «ELEMENT2» с ионизацией в индуктивно-связанной плазме (ICP-MS) для элементного и изотопного анализа (производитель «Thermo Finnigan»).

Для количественной оценки отклонения системы «донные осадки-поровые воды» от равновесного состояния и понимания, какие минеральные фазы могут в ней осаждаться или растворяться в программе PHREEQC были рассчитаны индексы насыщения (SI) некоторых минералов.

Результаты и их обсуждение

Донные отложения Баренцева моря представлены мелкодисперсным алевритовым минеральным веществом преимущественно кварцевого и калиево-полевошпатового состава (54–85 мас. %), с существенным содержанием глинистых минералов (от 15 до 46 мас. %) с низким содержанием карбонатных минералов (от 0 до 10 мас. %). Содержание органического вещества в донных осадках Баренцева моря низкое – менее 5 мас.%.

Нами впервые были измерены величины ЕКО донных осадков Баренцева моря (13.98-35.50 мг-экв/100 г) и установлено, что они контролируются количеством глинистых минералов в составе илов. Все образцы характеризуются морским типом поглощающего комплекса с отношением rCa/(rNa+rK)<1. Обменные катионы по всей глубине донных осадков располагаются в следующий ряд Na>Mg>Ca>K. Получается, что обменный комплекс изучаемых образцов донных осадков Баренцева моря сформировался в процессе седиментации за счет макрокатионного состава морской придонной воды и практически не изменился со временем из-за слабого проявления диагенетических процессов.

В районе исследования поровые воды донных илов характеризуются более низкими средними величинами pH 6.88, Eh 26 мВ и более высокими значениями минерализации (ΣМ), чем поверхностные воды. По нашим данным ΣМ поровых вод Баренцева моря в среднем составляет 35,06 г/л и формируется, главным образом, за счёт ионов хлора и натрия (r^2=0.84 и 0.76) и сульфат-иона (r^2=0.46) (Рис. 2а). Формула Курлова для изученных поровых вод имеет следующий вид:

$$M(28.95-45.40)\frac{Cl(84-91)SO_4(8-15)}{Na(68-92)Mg(10-24)K(1-9)}pH\ (6.08-7.48)$$

В целом полученные значения ΣМ согласуются с данными предыдущих исследований (Гурский, 2003), которыми было установлено, что ΣМ иловых вод составляет 34.08–40.97 г/л. Повышенная минерализация поровых вод с сохранением соотношений между компонентами скорее всего обусловлена ледниковым или флювиогляциальным генезисом отложений Баренцева моря. Увеличение минерализации в придонной и поровой воде осадков по сравнению с поверхностной водой может также свидетельствовать о постепенном придонном осолонении бассейна за счет проникновения и усиления влияния вод океана, а также за счет вымораживания морских вод, сопровождающегося увеличением солености оставшейся воды вплоть до образования рассолов, которые опускаются на дно.

В некоторых пробах поровых вод нами отмечено незначительное снижение содержания SO_4^{2-} (менее 10 %-экв/л) и слабощелочные значения pH, что может быть связано с процессами бактериальной сульфат редукции – основным процессом, определяющим диагенетические преобразования химического, прежде всего анионного, состава иловых вод. Сульфид ион в поровых водах не обнаружен, значение коэффициентов rSO_4^{2-}/rCl^- и $rHCO_3^-/rCl^-$ изменяются незначительно (0.09–0.17 и 0.4–1.00 соответственно), кроме того установлено низкое содержание органического вещества в донных осадках. Все это указывает на крайне слабые

процессы редукции сульфатов в отдельных единичных интервалах опробования и отсутствие сульфат редукции на большей части изученного разреза.

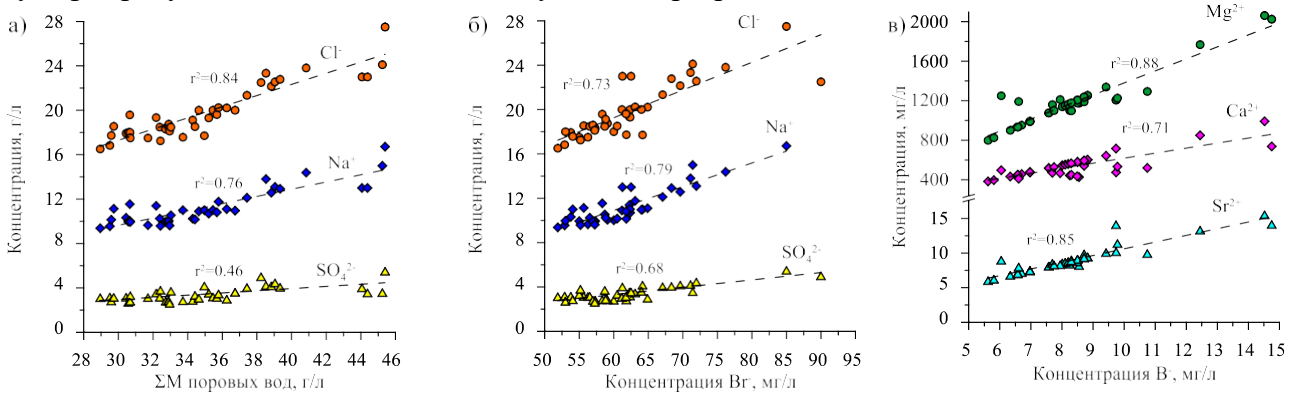


Рис. 2. Соотношение компонентов в поровых водах донных отложений Баренцева моря по результатам опробования.

Содержание Br^- в поровых водах в среднем составляет 59.67 мг/л и установлена линейная корреляционная зависимость между содержанием Br^- и Cl^- (r^2=0.73), SO_4^{2-} (r^2=0.68) и Na^+ (r^2=0.79), что указывает на единый генезис данных компонентов в поровых водах (Рис. 2б). Измеренное содержание бора (B^-) в поровых водах донных осадков в среднем составляет 8.01 мг/л и повышено относительно его концентрации в водах Баренцева моря (4 мг/л по данным (Гурский, 2003)). Установлена положительная корреляция между содержанием B^- и ионов стронция (r^2=0.85), кальция (r^2=0.71) и магния (r^2=0.88) (Рис. 2в).

В 10 проанализированных пробах было установлено содержание РЗЭ как в донных осадках (в среднем 132.24 мг/кг), так и в поровых водах (в среднем 0.97 мкг/л). Обнаружено снижение содержания РЗЭ с увеличением pH поровых вод и положительная корреляция между содержанием РЗЭ и $Fe_{общ}$ для поровых вод, что может указывать на сорбцию РЗЭ из поровых вод гидроксидами железа.

Согласно классификация В.А. Сулина (Сулин, 1948) большинство проб поровых вод относятся к хлоридно-магниевому типу (rNa^+/rCl^-<1, $(rCl^- - rNa^+)/rMg^{2+}$<1), что свидетельствует о близости их состава к составу нормальной воды океана и подтверждает их морской генезис. В единичных пробах поровых вод был установлен хлоридно-кальциевый тип (rNa^+/rCl^-<1, $(rCl^- - rNa^+)/rMg^{2+}$>1) по Сулину, отражающий уменьшение доли натрия в составе за счет накопления кальция. Данный тип вод может формироваться как за счет процессов катионного обмена в ходе прямой метаморфизации поровых вод в донных илах, так и в ходе глубинной разгрузки вод из зоны затрудненного водообмена. В дальнейших исследованиях планируется провести изотопный анализ поровых вод данных интервалов разреза для уточнения их генезиса.

Различное соотношение катионов в твёрдой и жидкой фазах донных отложений является одной из причин, вызывающих преобразование иловой воды и аутигенное минералообразование в осадках. По результатам расчёта индексов насыщения обнаружено, что поровые воды на всех станциях недонасыщены по отношению к гипсу и галиту. Для единичных проб наблюдаются пересыщение по отношению к кальциту ($SI_{кальцит}$>0) и к доломиту ($SI_{доломит}$>0). В ходе рентгенофазового анализа в 4 образцах донных отложениях был обнаружен доломит, а в 17 – кальцит (до 7 масс.%). Получается, что с термодинамической точки зрения возможны процессы аутигенного минералообразования карбонатов в ходе диагенеза. Однако, однозначно предсказать их осаждения из растворов без учета кинетики реакций нельзя. Перенасыщенная поровая вода может служить только индикатором условий, при которых возможно образование данных минералов. Кроме того, обнаруженное содержание доломита и кальцита в донных осадках находится на грани ошибки определения метода. Вопрос аутигенного образования кальцита и доломита в системе «поровые воды – донные осадки» Баренцева моря требует дополнительных исследований в дальнейшем.

Заключение

На основании результатов исследований установлено, что по составу все пробы поровых вод донных отложений Баренцева моря близки к составу поверхностной воды. При этом, особенностями рассматриваемых иловых вод является слабое, вяло текучее развитие процессов их прямой метаморфизации – очень медленное протекание или отсутствие процессов сульфат редукции, слабое развитие процессов аутигенного минералообразования и катионного обмена. По классификации В.А. Сулина 90% исследуемых проб поровых вод имеют морской генезис, в оставшихся наблюдается изменение типа вод на хлоридно-кальциевый. Для уточнения причины появления хлоридно-кальциевого типа вод в рассматриваемых интервалах разреза необходимо провести изучение изотопного состава поровых вод.

Список литературы

Kazak E.S., Kazak A.V. Experimental features of cation exchange capacity determination in organic-rich mudstones // Journal of Natural Gas Science and Engineering. – 2020. – Vol. 83, paper № 103456.

Гурский Ю.Н. Геохимия литогидросферы внутренних морей. Методы изучения и процессы формирования химического состава иловых вод в отложениях Черного, Азовского, Каспийского, Белого, Балтийского морей. М., ГЕОС. – 2003. – С. 332.

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.

Сулин В.А. Условия образования, основы классификации и состав природных вод, в частности воды нефтяных месторождений. Ленинград, Изд-во Академии наук СССР. – 1948. – С. 107.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРСКИХ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ ВБЛИЗИ СТОКА РЕКИ ИНДИГИРКИ

Винникова Алена Игоревна, Душенко Никита Владимирович, Севастьянов Вячеслав Сергеевич, Кузнецова Ольга Витальевна, Федулов Вениамин Сергеевич, Федулова Валерия Юрьевна

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва

Введение

В настоящее время Восточная Арктика является одним из важнейших направлений научных исследований в силу многих экологических, геополитических, экономических и других факторов. Большой интерес представляет изучение процессов осадконакопления и преобразования ОВ в Арктике, тесно связанных с изменением климата, антропогенным воздействием и формированием полезных ископаемых. Особенностью седиментогенеза в Восточно-Сибирском море являются мелководность, объем речного стока и распространение речных вод. Поверхность Восточно-Сибирского моря большую часть года покрыта льдом, даже к концу лета море открывается на 35%.

В результате деградации вечной мерзлоты из почвы освобождаются растворимые соли металлов и ОВ, которые выносятся речным стоком в море. Увеличение темпов деградации прибрежной и подводной мерзлоты на Восточно-Сибирском шельфе приводит к вовлечению в современный биогеохимический цикл огромного количества органического вещества, что может существенно повлиять на происходящие в наше время биогеохимические процессы.

Целью данной работы являлось изучение закономерностей накопления тяжелых металлов и редкоземельных (РЗЭ) элементов в морских осадках Восточно-Сибирского шельфа при увеличении расстояния от дельты р. Индигирки по направлению к континентальному склону.

Материалы и методы

Во время проведения арктического рейса № 69 на НИС “Академик Мстислав Келдыш” в 2017 г. был осуществлен пробоотбор образцов донных осадков вдоль меридионального профиля от дельты р. Индигирки до границы постоянных льдов. Карта со станциями отбора проб показана на рис. 1. Первая станция № 5598 располагалась от берега на расстоянии 50 км, Расстояние между крайними станциями 5598 и 5606 разреза составляло 550 км. Глубина моря в местах отбора морских осадков изменялась от 13 до 48 м.

Колонку морских осадков извлекали с помощью бокскорера. Затем для проведения исследований отбирали пробы на горизонте 12-20 см. Осадки были алеврито-пелитового типа, на отдельных станциях наблюдалась примесь песка. Пробы объемом 300 мл высушивали в сушильном шкафу при температуре 50 °С в течение 48 часов.

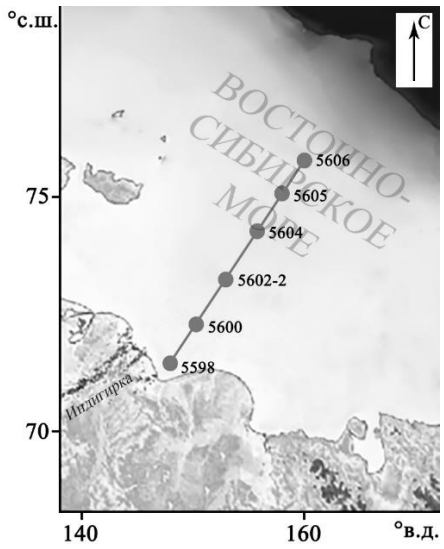


Рис. 1. Схема маршрута и положение станций пробоотбора на разрезе дельта р. Индигирки – граница постоянных льдов.

Измерения концентрации металлов методом ICP-MS проводили с использованием масс-спектрометра Element 2 (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA). Для разложения применяли 65% HNO3 и 40% HF кислоты (Merck, Германия), 37% HCl и 70% HClO4 кислоты (Panreac, Испания) и 99.5% H3BO3 кислоту (Sigma-Aldrich). Растворы готовили с использованием деионизированной воды, полученной из системы очистки NANO Pure (Thermo Fisher Scientific, США) (удельное сопротивление 18.2 MΩ см). Использовали многоэлементные и одноэлементные стандартные образцы фирмы High Purity Standards (США). Сертифицированные стандартные образцы донных отложений озера Байкал (БИЛ-2) и реки Вислы (МОДАС-2) были получены из Института геохимии им. В.И. Виноградова (Новосибирск, Российская Федерация). Разложение проводили в микроволновой системе Mars 5 (CEM Microwave Technology Ltd., Великобритания). Оптимизация условий пробоподготовки, проверка правильности измерений морских осадков подробно описана в работах (Kuznetsova et al., 2019, 2020)

Результаты и обсуждение

Исследование содержания металлов методом ICP-MS показало, что при удалении от дельты реки наблюдается уменьшение концентрации тяжелых металлов и РЗЭ. Концентрация тяжелых металлов уменьшается неравномерно с увеличением расстояния от дельты р. Индигирки: от 50 до 200 км от берега происходит резкое снижение концентрации тяжелых металлов, на расстоянии от 200 до 600 км градиент концентрации уменьшается. В общем концентрация тяжелых металлов от первой станции до последней понижается в 1.3–21 раза. Было замечено, что на расстоянии 500 км наблюдается небольшое повышение концентрации Co, Zn, Cd, Pb, Sn по сравнению с концентрацией в колонке предыдущей станции 5604. Кроме того, общие закономерности распределения концентрации тяжелых металлов нарушаются для Cd и W, для которых наблюдается, обратная картина, повышение концентрации при увеличении расстояния от дельты р. Индигирки в 1.4 и 1.5 раза, соответственно. Концентрации Ti, Zn, Cd, Pb, Bi превышают их средние концентрации в земной коре до 1.5 раз вблизи дельты р. Индигирки. Особенно большое отклонение до 5 раз относительно средней концентрации в земной коре имеет Hf. На расстоянии 600 км от дельты реки только содержание Cd, Hf, Bi превышают их средние концентрации в земной

коре. Содержания Ni, Cu, Tl в морском осадке меньше соответствующих средних концентраций на всем разрезе.

Многие микроэлементы (Co, Cr, Pb, V, Y, Yb, Zn, Zr, Mo), судя по результатам корреляционного и факторного анализов, могут накапливаться в тонкозернистых осадках, что характерно для терригенных отложений, содержащих возможные компоненты-концентраторы: глинистые минералы, органическое вещество, гидроксиды железа и марганца, тонкодисперсные сульфиды железа (Астахов и др., 2013).

Кривые распределения концентрации РЗЭ относительно содержания РЗЭ в Северо-Американском сланце NASC (рис. 2, 3) с увеличением расстояния от дельты р. Индигирки имеют вид подобный типичному распределению концентрации тяжелых металлов. Наиболее резкое уменьшение концентрации РЗЭ происходит на расстоянии от 500 до 600 км. Концентрация РЗЭ от первой до последней станции уменьшается в 1.3-1.4 раза.

Концентрации РЗЭ превышают концентрации NASC вблизи дельты р. Индигирки превышают концентрации, кроме Er, Tm, Yb, Lu (рис. 3). На расстоянии 600 км от берега почти все РЗЭ, за исключением Gd, имеют концентрацию ниже значений NASC.

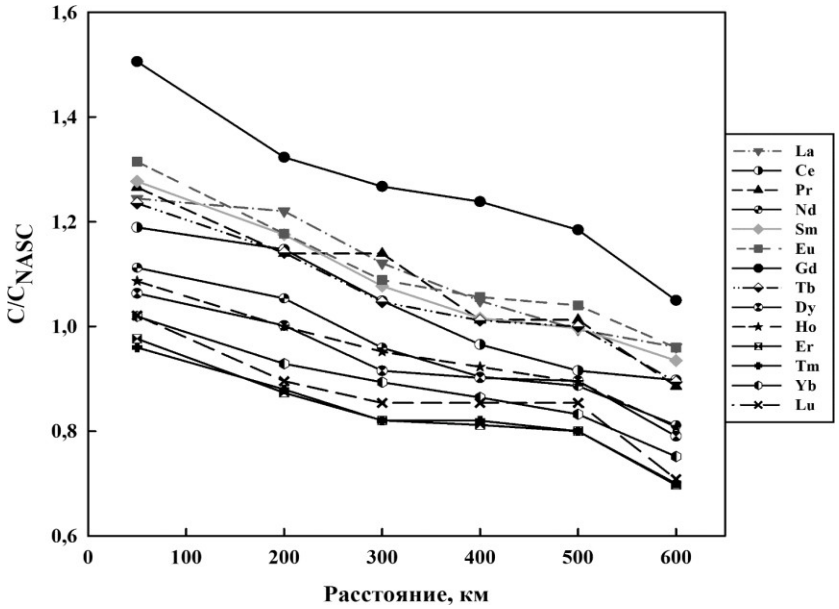


Рис. 2. Изменение концентрации РЗЭ в морском осадке в зависимости от расстояния от дельты р. Индигирки

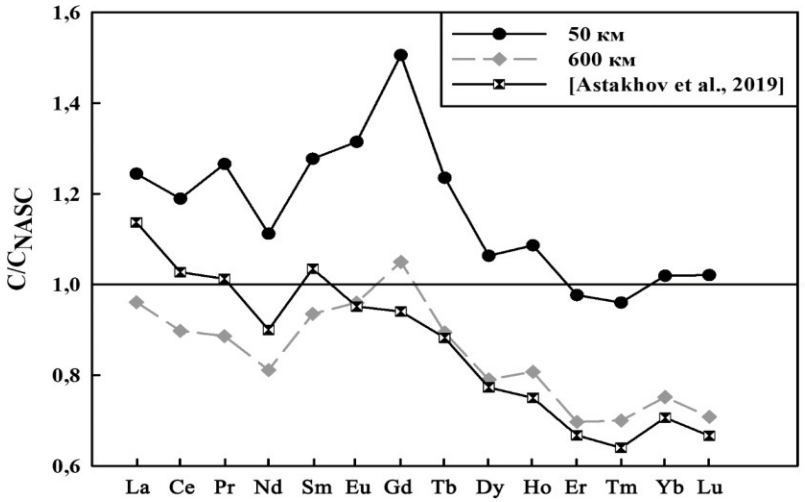


Рис. 3. Концентрация РЗЭ относительно NASC в морском осадке на расстоянии 50 и 600 км от дельты р. Индигирки

Общая концентрация РЗЭ на расстоянии 50 км от дельты р. Индигирки составляет 205.24 мкг/г, а на расстоянии 600 км – 153.13 мкг/г и практически находятся в диапазоне изменения общей концентрации РЗЭ в Восточно-Сибирском море, приведенном в работе (Astakhov et al., 2019). Кривые распределения РЗЭ в донных отложениях в зависимости от расстояния от дельты р. Индигирки очень похожи между собой (рис. 2). На рис. 3 показано, что концентрации РЗЭ на расстоянии 600 км от дельты р. Индигирки практически совпадают с концентрациями, приведенными в работе (Astakhov et al., 2019), за исключением легких РЗЭ: La, Ce, Pr, Nd, Sm.

Концентрации РЗЭ в Восточно-Сибирском море значительно выше, чем концентрации РЗЭ в морских осадках континентальных окрестностей. РЗЭ попадают в Восточно-Сибирского моря в основном в результате эрозии берегов р. Индигирки, а также могут попадать при эрозии пород Новосибирских островов и из бассейна р. Лены.

Список литературы

Kuznetsova O.V., Burmii Zh.P., Orlova T.V., Sevastyanov V.S., Timerbaev A.R. (2019) Quantification of the diagenesis-designating metals in sediments by ICP-MS: Comparison of different sample preparation methods. *Talanta* **200**, 468-471;

Kuznetsova O.V., Bychkova Y.V., Timerbaev A.R. (2020) Development and Validation of a Sector-Field Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (ICP-MS) Method for Analyzing the Diagenesis-Designating Metals in Marine Sediments. *Analytical Letters* **53**(4), 563-573;

*Астахов А.С., Гусев Е.А., Колесник А.Н., Шакиров Р.Б. (*2013) Условия накопления органического вещества и металлов в донных осадках Чукотского моря. *Геология и геофизика* **54**(10), 1348-1365;

Astakhov A.S., Sattarova V.V., Xuefa S., Limin H., Aksenov K.I., Alatortsev A.V., Kolesnik O.N., Mariash A.A. (2019) Distribution and sources of rare earth elements in sediments of the Chukchi and East Siberian Seas. *Polar Science* **20**, 148-159.

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО ДАННЫМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-19)

Валиева Эльвина Ильнуровна (1), Видищева Олеся Николаевна (1), Полудеткина Елена Николаевна (1), Егошина Евгения Денисовна (1), Чевелев Василий Константинович (1), Ахманов Григорий Георгиевич (1)

1 – Геологический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва

Баренцевоморский регион - один из крупных потенциальных нефтегазоносных бассейнов России с доказанной продуктивностью. В пределах шельфа Баренцева моря идет активный поиск новых месторождений углеводородов, который требует дополнительных научных, в том числе геохимических, исследований. Проведение комплексных геолого-геохимических работ в данном регионе является актуальным при обосновании перспектив Баренцевоморского региона на нефть и газ.

В основе геохимических методов поиска лежат представления о вертикальной миграции углеводородов (УВ) из залежи к дневной поверхности, формирующей в разрезе перекрывающих залежь пород участки с повышенными содержаниями углеводородов по сравнению с фоновыми значениями, которые зависят от специфики исходного органического вещества (ОВ), условия его накопления и трансформации. Важной задачей геохимических исследований является выявление аномальных концентраций битумоидов в донных осадках и разделение сингенетичного ОВ от эпигенетичного.

Летом 2020 года МГУ имени М.В.Ломоносова при поддержке Министерства Науки и Высшего Образования Российской Федерации провел 19-ю экспедицию Международного Проекта «Training-through-Research» (рейс TTR-19) на НИС «Академик Николай Страхов» в северо-восточную часть Баренцева моря. В районе исследований пробоотбор проводился в пределах полигонов, выделенных по геофизическим данным, на структурах предположительной разгрузки углеводородных флюидов на морское дно.

Отбор проб донных осадков производился с помощью гравитационной трубки длиной 4 метра. Разрезанный вдоль керн доставлялся в лабораторию, где каждые 20 см производился отбор образцов для битуминологических исследований (параллельно отбирались образцы для литологических, гидрогеологических исследований и определения состава газовой фазы). Высушенные при комнатной температуре образцы измельчались в ступке. В лаборатории геохимических исследований органического вещества МГУ имени М.В. Ломоносова были изучены 550 образцов донных осадков люминесцентно-битуминологическим методом, по результатам которого выделялись средние содержания и аномальные концентрации битумоидов и определялись их качественные характеристики.

В ходе пробоотбора особое внимание уделялось наличию косвенных признаков, свидетельствующих о разгрузке углеводородов в пределах исследуемой территории. К литологическим признакам относятся следы дегазации в виде вздутия керна, каналы дегазации и неравномерное уплотнение осадка, присутствие в разрезе большого количества гидротроилита, наличие метан-потребляющих организмов (e.g. Pogonophora). Данные признаки были зафиксированы в пробах, отобранных на полигонах детальных исследований

«Байкал», «Поп-марки» и «Карман». Образцы керна также показали повышенные содержания битумоида в осадках.

По литературным данным (Отчет НПО «Севморгео», 1978) среднее содержание Сорг в донных отложениях на изучаемой территории составляет 0,42%. По результатам исследований, проведенных в лаборатории, среднее содержание битумоида в осадках

изменяется от 0,0006 до 0,04%. Большинство образцов характеризуется средними фоновыми значениями битумоида от 3 до 7 баллов (от 0,000625 до 0,01%), выделены участки с повышенными концентрациями. Фоновые станции характеризуются преимущественно смолисто-асфальтеновым составом битумоидов осадков. Наличие повышенных концентраций легких и маслянистых компонент, вероятно, свидетельствует о восходящем миграционном потоке УВ из глубокопогруженных отложений. Для обоснования миграционной природы УВ в осадках запланирован комплекс геохимических исследований: пиролитические исследования донных отложений, газохроматографические, хроматомасс-спектрометрические и изотопные исследования аналитических групп и фракций битумоидов, экстрагированных из донных осадков.

ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОСАДКОВ В КАНДАЛАКШСКОМ ЗАЛИВЕ БЕЛОГО МОРЯ.

Гинзбург Ксения Александровна[1], Корост Светлана Радиковна[1]
[1] *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Белое море является внутриконтинентальным окраинным приливным бассейном и расположено на севере европейской части России в диапазоне широт 63°48’ до 68°40’ с.ш., пересекая широту полярного круга. Оно соединяется с Баренцевым морем, через него имеет выход в Северный Ледовитый океан.

Кандалакшский залив это глубокий, узкий, вытянутый залив. По его дну проходит грабен, так средняя глубина превышает 100 м.

Район исследования – пролив Великая Салма, образующий с Ругозерской губой единую акваторию фьордового типа. Форма берега обусловлена его тектонически-ледниковым происхождением. Фьордовое происхождение берега и наличие множества островов вблизи береговой линии определяют его как шхерный тип берега.

Район исследований (рис.1) находится на Беломорском блоке Балтийского щита. Разрывные нарушения в Балтийском щите ориентированы в направлении ЮВ-СЗ, с ними связано и соответствующее простирание проливов и губ, в частности грабена, приуроченного ко дну Кандалакшского залива. В строении геологического разреза данной территории выделяют фундамент и четвертичные отложения. Фундамент сложен архейскими метаморфическими породами, представленными кристаллическими сланцами, кварцитами, гнейсами и амфиболитами общей мощностью 8-10 км (Невесский Е.Н. и др., 1977). Встречаются и массивы протерозойских пород, амфиболитов, биотитовых и ставролитовых гнейсов. Четвертичные отложения почти полностью покрывают дно Белого моря, их мощности сильно меняются.

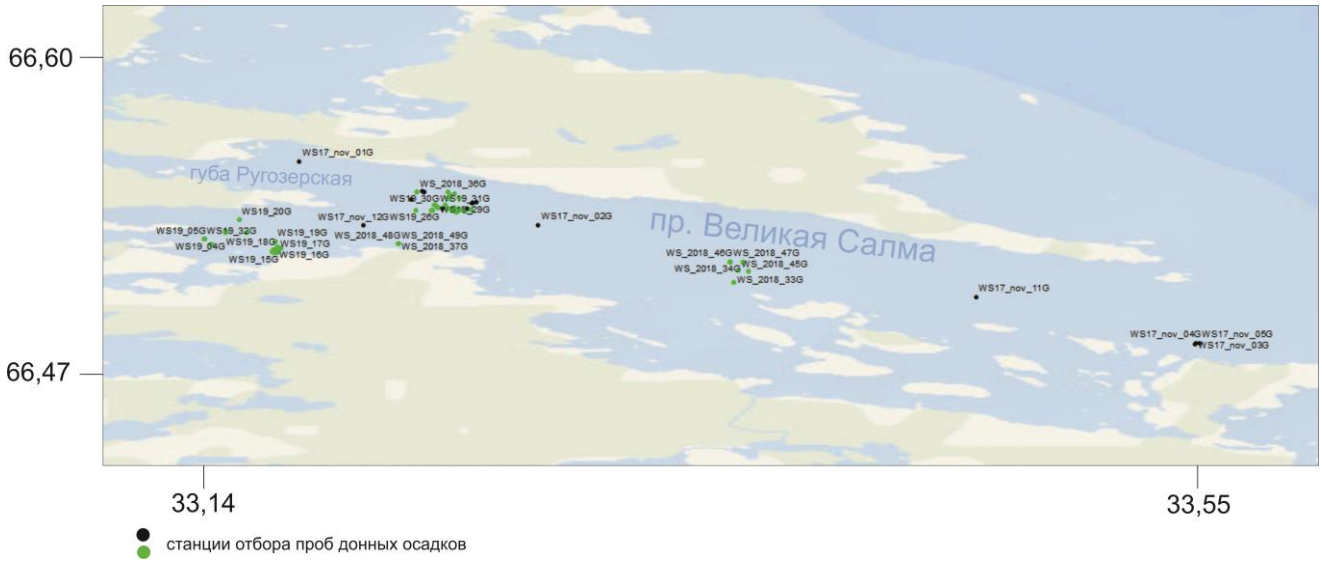


Рис.1. Карта района исследования.

Разрез четвертичных отложений Кандалакшского залива представлен ледниковыми (моренными) и послеледниковыми отложениями (рис.2), накопление последних началось с позднего дриаса [2, 3]. В районе широко распространена морена осташковского возраста, но

упоминаются и более древние ледниковые отложения среднего плейстоцена [4]. Среди отложений послеледникового осадконакопления выделяются флювиогляциальные (**fIIIos**), ледниково-морские (**gmIIIos-IV)**, слагающие неразделимую толщу позднеплейстоценового - нижнеголоценового возраста, границы между этими стадиями трудноопределимы, и завершающие разрез морские голоценового возраста (**mH**). Не смотря на то, что в период дегляциации могли быть условия озерно-ледникового осадконакопления, отложения данного генетического типа (**lgIIIos)** в Кандалакшском заливе отмечены не были [3].

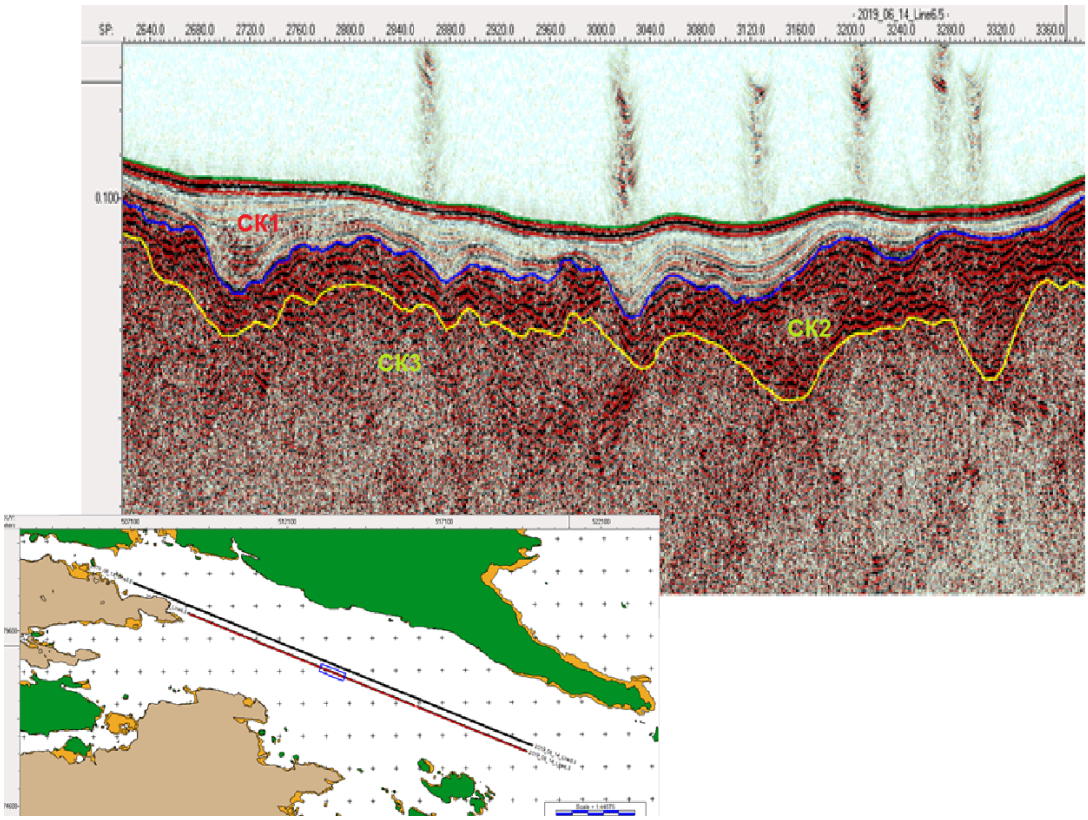


Рис.2. Интерпретация профиля 6.5: Зеленая линия – дно (или кровля послеледниковых отложений), синяя линия - кровля морены, желтая линия - кровля фундамента.

Площади распространения и мощности четвертичных отложений предопределяются дочетвертичным рельефом: наибольшие мощности приурочены к прогибам дна в юго-восточной части Кандалакшского залива, где они достигают по геофизическим данным 150 м (из них 30-40 м приходится на морские отложения). Маломощный чехол рыхлых отложений характерен для выровненных и приподнятых участков морского дна, а также для прибрежных мелководий, где они часто отсутствуют. Максимальное морское осадконакопление приурочено к глубоководным впадинам, а ледниковое - к выступам или крутым склонам коренного ложа.

Принципиально отличаются четвертичные осадки, накопившиеся в морских условиях, и отложения, имеющие ледниковое, ледниково-морское происхождение. Для моренных и флювиогляциальных отложений характерны грубозернистые неокатанные осадки с плохой сортировкой, при этом флювиогляциальные осадки отличаются меньшим медианным диаметром и наличием заметной примеси илистого материала. Ледниково-морские отложения (мощность до 20 м) представлены тонкими серыми илами без фауны, постепенно переходящими в толщу, состоящую из отдельных прослоев ила и однообразного серого песка с алевритом. Вверх по разрезу они сменяются морскими осадками, отличающихся наличием фауны и фациальной

изменчивостью. Отложения, накопившиеся в морских условиях, по палинологическим данным можно разделить на 2 горизонта, соответствующих концу бореального, атлантическому, суббореалльному, и субатлантическому периодам голоцена: 1. Нижний, отражающий максимальное развитие послеледниковой трансгрессии и постепенный переход к полностью морским условиям осадконакопления. Он представлен монотонными глинами и алевроглинами с очень низким содержанием песка. 2. Верхний, соответствующий современной морской обстановке. В нем четко прослеживается фациальная зональность и характерна слабая механическая дифференциация [1]. Выделяются морские нефелоидные (**mnH**) отложения, представленные зелено-серыми песчанистыми и глинистыми алевритами с раковинами моллюсков, и флювиогляциальные отложения (**fH**), отличающиеся более грубым материалом.

Поверхностные отложения имеют гетерогенный характер и обусловлены перемывом более древних отложений, выходящих на поверхность Белого моря, реками, морской абразией и морозобойным выветриванием

В целом осадки в изучаемой акватории достаточно однородны. Распределение гранулометрического состава отложений соответствуют циркумконтнентальной зональности: более тонкие отложения – глинистые алевриты (пелитовые алевриты) приурочены к наиболее глубоководной, осевой части пролива Великая Салма (например, по данным за 2018 г.,), более крупнозернистые осадки располагаются ближе к берегам, на относительно мелководных участках (например, по данным за 2017г.,). Это объясняется повышенной гидродинамикой и интенсивностью берегового стока на бортах пролива.

В докладе будут представлены сводный разрез, результаты описания колонок донных осадков и сейсмопрофили, иллюстрирующие полученную картину.

Список литературы

Барабошкин Е.Ю. Современное прибрежное осадконакопление Белого моря / Б. Е.Ю. – 2013.

Невесский Е.Н. Белое Море: Седиментогенез И История Развития В Голоцене / Е. Н. Невесский, В. С. Медведев, В. В. Калиненко – 1977. – 236с.

Рыбалко А.Е., Журавлев В.А., Семенова Л.Р. Т.М.Ю. Система Белого моря. Том IV. Процессы осадкообразования, геология и история / Т. М. Ю. Рыбалко А.Е., Журавлев В.А., Семенова Л.Р. // Система Белого моря. Том IV – 2017. – 1048с.

Рыбалко А.Е., Лисицын А.П., Шевченко В.П. , Журавлев В.А., Варламова А.А. Н.М.А. НОВЫЕ ДАННЫЕ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПОКРОВА БЕЛОГО МОРЯ / Н. М. А. Рыбалко А.Е., Лисицын А.П., Шевченко В.П. , Журавлев В.А., Варламова А.А.

Морская геология Арктического бассейна

Стендовые доклады

МЕТАН В ПОДЗЕМНЫХ ЛЬДАХ ЗАПАДНОГО ЯМАЛА

Стрелецкая Ирина Дмитриевна[1], Васильев Аександр Алексеевич[2,3], Ванштейн Борис Георгиевич[4],Облогов Глеб Евгеньевич.[2,3], Задорожная Наталья Александровна[2]

[1]МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, [2] ИКЗ ТюмНЦ СО РАН, г. Тюмень, [3] Тюменский государственный университет, г. Тюмень, [4]ФГБУ "ВНИИОкеангеология", Санкт-Петербург

Недостаточно изучено содержание CH_4 в подземных льдах Арктики, наиболее подверженных деградации при потеплении климата. Район исследования расположен в 40 км от Бованенковского ГКМ в районе полярной станции Марре-Сале (Западный Ямал). Получены новые представительные данные и установлены закономерности распределения метана в полигонально жильных (ПЖЛ) и пластовых (ПЛ) льдах в в четвертичных отложениях берегового обрыва рис. 1.

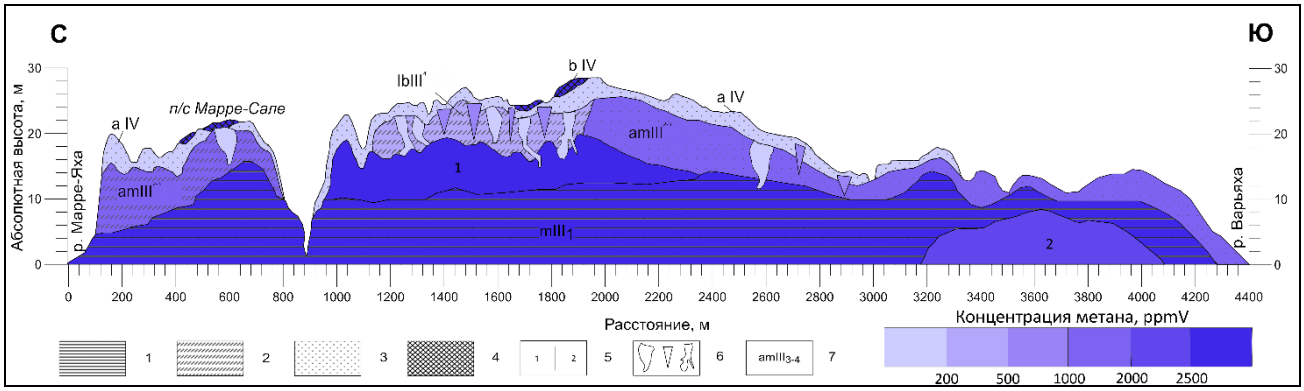


Рис.1. Содержание метана в мерзлых отложениях и льдах в ьереговом обрыве районе полярной станции Марре-Сале. 1 - глины и суглинки; 2 - супеси; 3 - пески; 4 - торф; 5 - пластовые льды (ледогрунты и монолитные чистые); 6 - полигонально-жильные льды (показаны вне масштаба); 7 - геолого-генетические комплексы отложений и их индексы.

В ПЖЛ голоценового и неоплейстоценового возраста содержание метана невысокое и меняется в пределах 80-600 ppm. ПЛ представлены двумя типами: 1 тип – ледогрунты и 2 тип-монолитные чистые ледяные залежи. ПЛ содержат значительно больше метана с ПЖЛ, в среднем составляя во льду 1 типа 11078 ppm, а во льду 2 типа – 6117 ppm. Из-за неоднородности минеральных и газовых включений (пузырьков) в пластовых льдах отмечается крайне высокая изменчивость концентрации метана от 85 до 23352 ppm, Состав не углеводородных газов меняется незначительно в воздушных пузырьках во льдах, но отличается от состава атмосферного воздуха таблица 1.

Таблица 1. Состав газов в воздушных пузырьках подземных льдов в районе Марре-Сале (по данным института Криосферы Земли и МГУ).

	ПЖЛ голоценовые	ПЖЛ плейстоценовые	Пластовые льды I типа	Пластовые льды II типа	Атмосферный воздух
размер пузырьков, мм	1	1	1-4	1-5	-
форма пузырьков	вытянуты по вертикали	вытянуты по вертикали	круглые	круглые	-
Газовый состав подземных льдов					
N_2 (%)	83	80	82	82	78
O_2 (%)	17,0	14,0	12,6	16,0	21,0
H_2S (%)	0,17	0,16	0,15	0,17	-
CO_2 (%)	0,64	0,97	0,80	0,62	0,03
CH_4 (ppm)	82	558	11078	6117	1700
$\delta^{13}C$ (CH_4) (‰)	-	-	-69,09	-69,7	-54,5

Значения изотопного состава углерода $\delta^{13}C(CH_4)$ по метану газовых включений пластовых залежей изменялись от -58,1‰ до -71,4‰, а значения $D(CH_4)$ изменялись от -231‰ до -326‰. Изотопный анализ метана и соотношение изотопов $\delta C^{13}(CH_4)$ и $D(CH_4)$ свидетельствует о его бактериальном происхождении рис. 2.

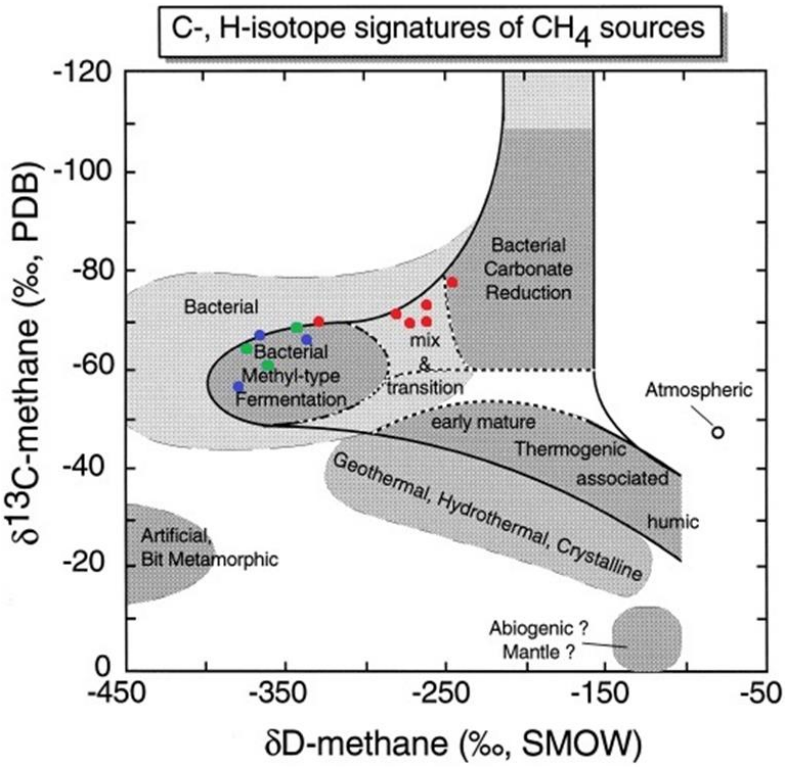


Рис. 2. Значения изотопного состава метана в пластовых льдах, мерзлых и сезонно талых отложениях на диаграмме соотношения изотопного состава метана в зависимости от генезиса газа (Whiticar, 1999). Синие точки – в мерзлых отложениях, зеленые - в талых отложениях, красные точки – в воздушных пузырьках пластовых льдов.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 18-05-60080 «Опасные нивально-гляциальные и криогенные процессы и их влияние на инфраструктуру в Арктике», и частичной поддержке Государственного задания по теме «Изменение криосферы Земли под влиянием природных факторов и техногенеза» НИР АААА-А16-116032810095-6, ПП 55 Арктика. Данные по газовой компоненте в отложениях и подземных льдах района Марре-Сале получены в рамках проекта РФФИ № 18-05-60004.

РАССЕЯННОЕ ОСАДОЧНОЕ ВЕЩЕСТВО В МОРСКОЙ КРИОСИСТЕМЕ: СНЕГ–ДРЕЙФУЮЩИЙ ЛЕД–ПОДЛЕДНАЯ ВОДА АРКТИКИ И АНТАРКТИКИ

Новигатский Александр Николаевич, Клювиткин Алексей Андреевич
Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

Введение

Образование и таяние морских льдов имеет важное значение для климата и гидрологических условий среды высоких широт. Однако очень мало внимания пока обращается на то, что это также процесс глобального геохимического значения, процесс, определяющий и условия жизни, и осадкообразования в ледовых зонах. Лед захватывает химические элементы, компоненты природного и антропогенного происхождения из атмосферы, воды и берегового комплекса, а затем переносит их из областей внутреннего шельфа в открытый океан (Левитан, Лейченков, 2014; Левитан, 2015; Немировская, Новигатский, 2003; Шевченко и др., 2002; Шевченко и др., 2007; Шевченко и др., 2017; Lisitzin, 2010; Vancoppenolle et al., 2013).

В Арктике многолетние морские льды являются важным геологическим фактором, влияющим на формирование осадочного покрова Северного Ледовитого океана и Северной Атлантики. Основная часть морских припайных антарктических льдов в отличие от арктических паковых льдов существует только зимой. Происходит снос с Антарктического ледникового щита в океан большого количества снега, который при низких температурах воздуха не тает и образует на поверхности моря слой снежуры толщиной до нескольких десятков сантиметров. Снежура, накапливаясь на поверхности моря, смерзается и превращается в молодой лед. Впоследствии по мере увеличения толщины ледяного покрова образуется растущий антарктический припайный лед (Geological History of the Polar Oceans, 1990; Lisitzin, 2002; Stein, 2008).

Материалы и методы

В настоящей работе представлены материалы, собранные в рамках Международного полярного года в экспедиции Института океанологии «Панарктическая ледовая дрейфующая экспедиция» (ПАЛЭКС) в апреле 2007, 2008 и 2012 гг. в Арктике (Новигатский, Лисицын, 2018, 2019; Shevchenko V.P., et al., 2016), а также в Антарктике в Российской Антарктической экспедиции (46 и 48 РАЭ) (Немировская, Новигатский, 2004, 2007). Целью экспедиций являлся сбор информации о состоянии снежно-ледово-водной системы в высоких широтах Земли.

На ледовых полигонах по единой методике проводился отбор проб больших объемов снега, ледовых кернов и подледной воды (Немировская, Новигатский, 2003; Shevchenko V.P., et al., 2016). Снежно-ледовые пробы растапливали при T=20°C. Полученный осадочный материал для определения массовой концентрации фильтровали стандартным методом под вакуумом 400 мбар через мембранные ядерные фильтры (Ø пор 0.45 мкм, Ø фильтра 47 мм, полотно производства ОИЯИ, г. Дубна). Для определения содержания органического углерода ($C_{орг}$) пробы фильтровали под вакуумом 200 мбар через стекловолокнистые фильтры GF/F фирмы Whatman (Ø фильтра 47 мм, эффективный размер пор 0.7 мкм), прокаленные при t = 450°C (Kravchishina et al., 2015). Содержание $C_{орг}$ в пробах определяли методом сухого сожжения на анализаторе АН-7560 (с точностью 3–6 отн.%) в ИО РАН. Данные по соотношению C/N получены на анализаторе углерода TOC-Vcph фирмы Shimadzu в Лаборатории Отто Шмидта ААНИИ.

Результаты и их обсуждение

В толще дрейфующих льдов покрытых снегом на Северном полюсе нам удалось уловить два максимума криозолей: 1-й верхний (снеговой) обогащенный вымыванием из атмосферы снегом. Второй связан с дальним региональным и глобальным переносом – в подошве льда, где новообразованный лед захватывает взвешенное вещество из подледной воды, поскольку частицы взвеси являются ядрами кристаллизации внутриводного льда. Снежный горизонт содержит больше органического углерода ($C_{орг}$), чем ледовый и подледный горизонты, где в большом количестве присутствует биогенное вещество, это связано с влиянием дальнего переноса эолового вещества и аккумуляцией его в снежном покрове, что подтверждается данными по углеводородному загрязнению и микрокристаллическому углероду. Поступление вещества эоловым путем отмечено практически во всех областях Арктики, вплоть до Северного полюса (Новигатский и др., 2020).

Дальний эоловый перенос в Антарктике с американского и африканского континентов незначителен. Поэтому при образовании снежно-ледового припая происходит перераспределение органического углерода в основном между льдом и водой. Характерная черта антарктического припайного льда – развитие диатомовых не только на нижней, но и на верхней поверхности льдов. Связано это с тем, что молодой лед под тяжестью снега погружается в воду, и в результате верхний, снежно-водный слой заселяется морскими планктонными организмами – диатомеями. Поэтому их концентрации высоки и в верхних частях льда по сравнению со снегом. В припайном льду содержание $C_{орг}$, по сравнению с подледной водой, значительно выше, особенно в коричнево-буром диатомовом слое (нижний и средний горизонт).

Полученное нами соотношение биогенных элементов C/N (в среднем 5.6, n=4) антарктического снежно-ледового покрова указывает на генезис органического углерода, так для свежего морского планктона характерно соотношение равное 7, в литературе встречаются значения равные 6.5, что указывает на незначительную деградацию органического вещества в морском льду (Новигатский и др., 2020). В связи с тем, что основное распределение животных организмов связано с поверхностью льда (кровля и подошва), концентрирование органического углерода происходит в барьерных зонах «снег– лед» и «вода–лед». Эти зоны даже при низких температурах остаются активной биогеохимической средой, где развиваются автохтонные процессы, способствующие образованию и концентрированию органического углерода.

Сопоставляя криозоли в паковом арктическом и припайном антарктическом льдах, очевидно, что в антарктическом припае концентрация криозолей на порядок выше: 7.8 мг/л против 0.76 мг/л. Это связано с высокой продуктивностью антарктических вод и, как следствие – более интенсивное заселение планктонных организмов в рыхлой структуре припайного льда. Кроме того, арктический паковый снежно-ледовый покров содержит существенную долю антропогенного углерода, что в антарктическом припае практически отсутствует (Новигатский и др., 2020).

По данным электронно-микроскопического анализа частицы, содержащиеся в снежно-ледовом покрове района Северного полюса, состоят в основном из органического вещества (обломки панцирей фитопланктона, споры, пыльца, диатомовые водоросли, одноклеточные организмы и др.) и минеральных частиц (минеральные зерна и глинистые агрегаты).

В верхней части толщи морского льда прослеживается более высокое содержание минеральных частиц (до 30%), это многолетняя аккумуляция вещества на поверхности пакового льда (эоловая концентрация вещества). В биогенной составляющей преобладают

диатомовые водоросли и силикофлагелляты, в сумме составляя 50%. В средней части толщи льда присутствует пыльца, остатки наземной растительности и одноклеточные организмы, особенно в нижней части разреза льда. В подледной воде литогенная составляющая выражена слабее, чем в снежно-ледовом покрове. Здесь во взвеси преобладает именно биогенная часть, отмечается высокая встречаемость бактериальных ассоциаций и биогенных остатков, в основном в виде обломков панцирей и раковин, а также спор диатомовых.

В припайном льду Антарктиды биогенная составляющая значительно преобладает над терригенной составляющей, достигая в процентном соотношении 80–90%. Это и не удивительно, поскольку поставка терригенного материала с континента незначительна, а преобладающие ветра в основном дуют с ледника в сторону океана. Поэтому, как терригенная органика, так и минеральные зерна находятся в сильно подчиненном положении перед активно продуцируемой морской органикой в морских припайных льдах Антарктиды. В составе преобладают панцири диатомовых водорослей и других видов фитопланктона, одноклеточные, а так же бактериальные колонии. Незначительное количество терригенной взвеси захватывается из поверхностной воды при формировании льда, и в дальнейшем, свою количественную характеристику не меняет.

Заключение

В морских льдах высоких широт Земли практически одинаковы механизмы накопления осадочного материала, которые происходят в основном за счет первичного захвата взвеси новообразованным льдом, и дальнейшей биологической активности планктона внутри льдов, а также эоловой поставки материала со снегом. В дальнейшем, при таянии морского льда идет активная разгрузка накопленного материала в областях разгрузки: для Арктики – это пролив Фрама, для Антарктики – это обширная область Южного океана. Безусловно, присутствуют и особенности, так для морских льдов Арктики характерно большее содержание терригенного и антропогенного материала (в том числе и терригенной органики), поскольку Арктика окружена континентами, с которых материал активно выдувается ветрами, а также присутствует достаточно мощный речной сток, который также поставляет огромное количество терригенного и антропогенного материала, захватываемого морскими льдами. Условия в Антарктике иные, так континент практически полностью покрыт ледовым щитом, небольшие выходы скальных пород не являются мощными поставщиками терригенного материала, поэтому, морской лед Антарктики накапливает значительную долю биогенной составляющей. Это и показали наши исследования, так содержание органического углерода в морском льду Антарктики в разы выше, чем в Арктике.

Благодарности

Обработка материала выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант № 20-17-00157; C/N-анализ за счет гранта № 19-17-00234), определение органического углерода проводилось за счет средств РФФИ грант № 19-05-00022; данные электронно-микроскопического анализа получены за счет средств РФФИ грант № 19-05-00787; интерпретация полученных данных осуществлялась в рамках государственного задания ИО РАН на 2019–2020 гг. по теме № 0149-2019-0007.

Список литературы

Левитан М.А., Лейченков Г.Л. История кайнозойского оледенения Антарктиды и седиментации в Южном океане // Литология и полезные ископаемые. 2014. № 2. С. 115–136.

Левитан М.А. Скорости седиментации отложений последних пяти морских изотопных стадий в Северном Ледовитом океане // Океанология. 2015. Т. 55. № 3. С. 470–479.

Немировская И.А., Новигатский А.Н. Углеводороды в снежно-ледяном покрове и водах Северного Ледовитого океана // Геохимия. 2003. № 6. С. 651–660.

Немировская И.А., Новигатский А.Н. Распределение органических соединений и взвеси в морских льдах восточной Антарктиды // Докл. РАН. 2004. Т. 397. № 5. С. 670–674.

Немировская И.А., Новигатский А.Н. Органические соединения в атмосфере, криосфере и воде Антарктики // Арктика и Антарктика. 2007. Т. 39(5) С. 136–155.

Новигатский А.Н., Лисицын А.П. Район Северного полюса – первые данные о седиментосистеме: снег–дрейфующий лед–подледная вода // Докл. РАН. 2018. Т. 483. № 4. С. 447–451.

Новигатский А.Н., Лисицын А.П. Концентрация, состав и потоки рассеянного осадочного вещества в снежно-ледовом покрове околополюсного района Арктики // Океанология. 2019. Т. 59. № 3. С. 449–453.

Новигатский А.Н., Лисицын А.П., Клювиткин А.А. Рассеянное осадочное вещество в морской криосистеме: снег–дрейфующий лед–подледная вода Арктики и Антарктики // Океанология. 2020. Т. 60. № 5. С. 1–8.

Шевченко В.П., Лисицын А.П., Полякова Е.И. и др. Распределение и состав осадочного материала в снежном покрове дрейфующих льдов Арктики (пролив Фрама) // Докл. РАН. 2002. Т. 383. № 3. С. 385–389.

Шевченко В.П., Лисицын А.П., Штайн Р. и др. Распределение и состав нерастворимых частиц в снеге Арктики // Проблемы Арктики и Антарктики. 2007. № 75. С. 106–118.

Шевченко В.П., Маслов А.В., Лисицын А.П. и др. Систематика Cr, Co и редкоземельных элементов в осадочном материале дрейфующих льдов северной части круговорота Бофорта // Литосфера. 2017. Т. 17. № 3. С. 59–70.

Geological History of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic / Bleil U., Thiede J. (Eds.). Kluwer Academic Publishers. 1990. V. 308. 815 p.

Kravchishina M.D., Lein A.Y., Sukhanova I.N. et al. Genesis and spatial distribution of suspended particulate matter concentrations in the Kara Sea during maximum reduction of the Arctic ice sheet // Oceanology. 2015. V. 55(4). P. 623–643.

Lisitzin A.P. Sea-ice and Iceberg Sedimentation in the Ocean: Recent and Past. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2002. 563 p.

Lisitzin A.P. Marine ice-rafting as a new type of sedimentogenesis in the Arctic and novel approaches to studying sedimentary processes // Russian Geology and Geophysics. 2010. V. 51. № 1. P. 12–47.

Shevchenko V.P., Vinogradova A.A., Lisitzin A.P. et al. Aeolian and ice transport of matter (including pollutants) in the Arctic / Implications and Consequences of Anthropogenic Pollution in Polar Environments. From Pole to Pole / R. Kallenborn (Ed.). Berlin: Springer, 2016. P. 59–73.

Stein R. Arctic Ocean sediments: processes, proxies, and paleoenvironment // Developments in Marine Geology. V. 2. Elsevier, 2008. 592 p.

Vancoppenolle M., Meiners K.M., Michel C. et al. Role of sea ice in global biogeochemical cycles: emerging views and challenges // Quaternary science reviews. 2013. V. 79. P. 207–230.

ЛИТОФАЦИАЛЬНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕН - ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНО-БАРЕНЦЕВОМОРСКОЙ ВПАДИНЫ (ПО ДАННЫМ РЕЙСА TTR-19)

Бычкова Елена Сергеевна[1], Соловьева Марина Андреевна[1],
Ахманов Григорий Георгиевич[1].
[1]*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова*

Введение

В последнее время Баренцевоморская котловина активно стала интересовать ученых, поскольку большинство существующих представлений о ее строении и формировании носит характер рабочих гипотез, требующих изменения и дополнения. Отсутствие полной картины геологического прошлого и настоящего Баренцева моря побудило организовать экспедицию в данный район для проведения исследовательских работ. Инициатором рейса стал возрожденный в 2020 году знаменитый проект по программе МГУ-ЮНЕСКО «Training-through-Research» TTR-19. В рамках данного проекта исследования производились в северо-восточной части Баренцева моря на НИС «Академик Николай Страхов» и заняли 22 дня. Был проведен обширный комплекс геофизических, геохимических, геологических и биологических исследований: сейсморазведка сверхвысокого разрешения, акустическое профилирование, многолучевое эхолотирование, гидролокация бокового обзора, донный пробоотбор, литологические, газогеохимические, гидрохимические, инженерно-геологические и ультразвуковые исследования керна, а также были сделаны микробиологические анализы придонных вод и осадков.

Весь участок работ был разделен на три региона: Желоб Седова, Седловина Страхова и Восточно-Баренцевоморская впадина (рис. 1). Последний район работ является ответвлением крупного трога Святой Анны, находящегося к северо-востоку от района исследований. При определении полигонов детальных исследований решалась такие задачи, как получение новых сведений о конфигурации ледового щита и поиск зон, имеющих признаки наличия газогидратов и/или фокусированной разгрузки флюидов через морское дно. Данные задачи интересовали прежде всего потому, что глубина морского дна в районе превышала 300 м, что приблизительно соответствует зоне стабильности метановых газогидратов. Также важно было изучение части глубокого трога, так как он являлся важной зоной, в которой проходит фокусированный дренаж крупных ледовых щитов быстро текущими ледовыми потоками.

Основной целью данного исследования является районирование современных морских осадков на территории Восточно-баренцевоморской впадины по результатам рейса TTR-19. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: изучение геофизических материалов, изучение данных донного пробоотбора, сопоставление и выделение районов распространения позднеплейстоцен-голоценовых отложений.

Сопоставление данных

В пределах Восточно-Баренцевоморской впадины были проведены комплексные геолого-геофизические исследования на четырех выделенных полигонах (участках). Данные о них представлены в таблице 1.

Таблица 1. Данные об участках

Номер	Название	Площадь, км^2	Выполненные методы
3	«Каша»	500	Многолучевое эхолотирование, съёмка профилографом, донный пробоотбор
4	«Грядка»	35	Многолучевое эхолотирование, съёмка профилографом
5	«Каблучок»	150	Многолучевое эхолотирование, съёмка профилографом, сейсморазведка с электроискровым источником, донный пробоотбор
12	«Карман»	220	Многолучевое эхолотирование, съёмка профилографом, донный пробоотбор

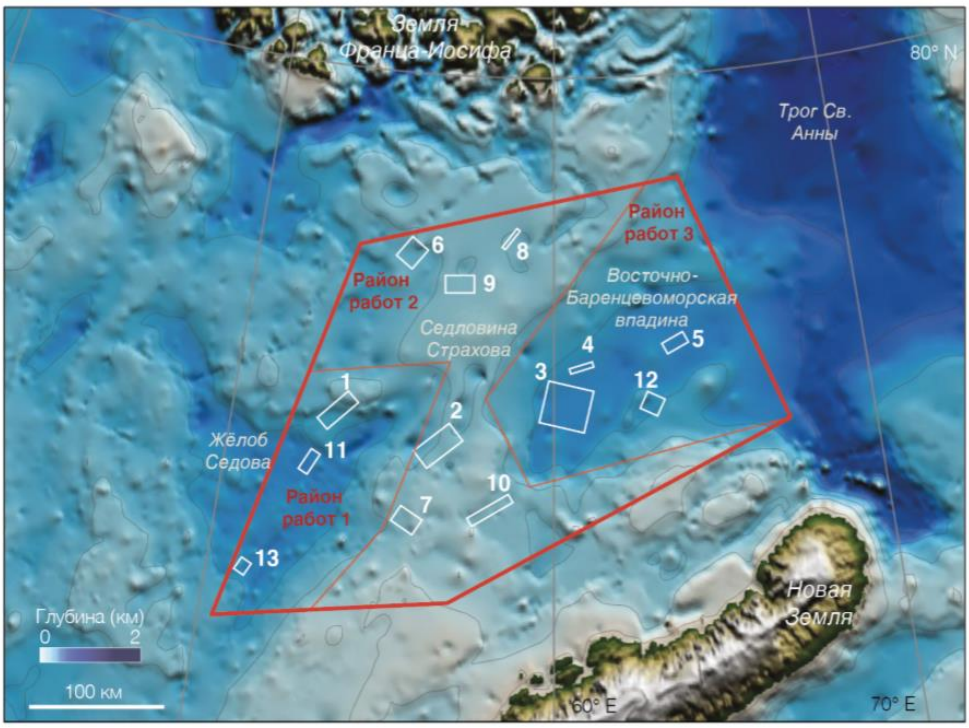


Рис 1. Местонахождение районов работ и полигонов

Полигон 3 «Каша» расположен в юго-западной части Восточно-Баренцевоморской впадины. На данных профилографа на этом полигоне был обнаружен сейсмокомплекс (СК 1), характеризующийся акустически прозрачной волновой картиной и сильным отражением от кровли нижнего комплекса. Мощность комплекса по данным профилографа варьируется от 0 до 15 метров. Состав отложений данного комплекса определён путём донного пробоотбора, который вскрыл разрез, представленный современными морскими пелагическими и флювиальными осадками, образованными в нетипичных для всего региона

условиях. В каждой станции донного пробоотбора были обнаружены оливковые глины с гидротроилитом и погонофорами, в верхней части разреза присутствовали прослои окисленных глин. Сопоставляя полученные разрезы с данными профилографа в местах, где проводился донный пробоотбор, можно сделать вывод, что именно оливковые глины на данной площадке являются позднеплейстоцен-голоценовыми морскими отложениями.

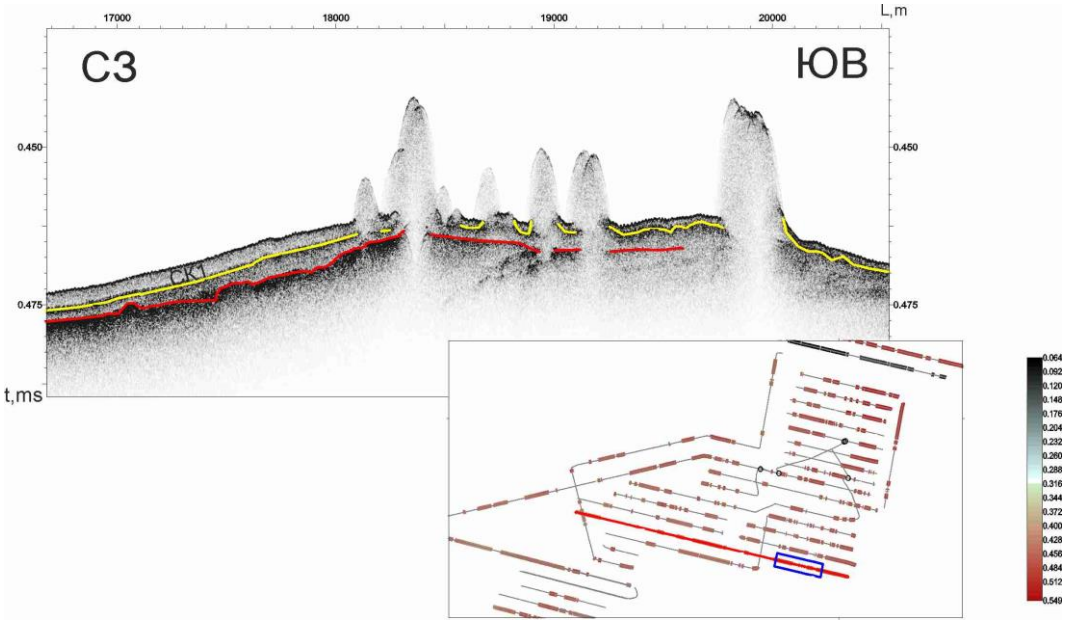


Рис 2. Профиль PMAR-257, желтым выделена подошва СК 1, красным - подошва моренных отложений. Расположение разреза показано на врезке, красным цветом обозначено распространение СК 1

Полигон 4 «Грядка» находится в северо-западной части Восточно-Баренцевоморской впадины. На данных непрерывного сейсмоакустического профилирования был выделен верхний сейсмокомплекс, вероятно, относящийся к моренным отложениям, и кровля нижнего сейсмокомплекса, подошва которого не наблюдалась. В верхнем сейсмокомплексе между моренными образованиями отмечались редкие линзы, имеющие схожие характеристики с СК 1 в других частях района впадины. Мощность линз не превышала 0,5 метров. На данном полигоне пробоотбор не проводился.

Полигон 5 «Каблучок» являлся самым восточным в районе работ. На данных профилографа также наблюдался комплекс, обладающий всеми характеристиками СК 1. На данных, полученных при использовании сейсморазведки сверхвысокого разрешения, комплекс, коррелирующий с СК 1, характеризуется неяснослоистой высокоамплитудной волновой картиной. Мощность комплекса изменяется от 0 до 40 метров. Данный комплекс, вероятно, соответствует нерасчлененным современным морским осадкам и ледниковым отложениям, о чем свидетельствуют результаты пробоотбора. В пределах полигона на большинстве станций пробоотбора характерно присутствие оливковых глин с гидротроилитом, окисленными и обводненными в верхней части разреза, и массивных глин ниже по разрезу.

Полигон 12 «Карман» находился на склоне юго-восточной части Восточно-Баренцевоморской впадины. По данным профилографа тбыл выделен СК 1,

предположительно относящийся к современным морским отложениям, и СК 2, вероятно сложенный моренными отложениями, а также кровля коренных пород. Был сделан пробоотбор в местах распространения СК 1, осадки представляли собой оливковые массивные алевритистые глины с гидротроилитом. Ниже по разрезу были обнаружены серые массивные плотные глины с прослоями комковатых глин и обломков горных пород, которые хорошо коррелируются с СК 2.

На полигоне «Карман» по данным непрерывного сейсмоакустического профилирования и по результатам пробоотбора морские отложения имели мощность от 0,5 до 4 метров.

Таким образом, исходя из корреляции результатов пробоотбора с выделенными сейсмокомплексами, можно сделать вывод, что районирование данной территории по выделенному СК 1 по данным профилографа может являться достаточно точным картированием отложений позднеплейстоцен-голоценового периода. В результате данного исследования будет составлена детальная карта районирования четвертичных отложений в пределах Восточно-Баренцевоморской впадины по данным рейса TTR-19.

Заключение

Исходя из вышеперечисленного, по результатам проделанной работы можно сделать вывод, что позднеплейстоцен-голоценовые отложения на территории Восточно-Баренцевоморской впадины образовались в морских условиях и представлены оливковыми массивными алевритистыми глинами с включениями гидротроилита. Данные отложения коррелируют с выделенным по геофизическим данным СК 1, характеризующимся неяснослоистой, чаще акустически прозрачной волновой картиной, мощность которого варьирует от 0 до 40 метров. По результатам анализа сейсмоакустических данных и выделению СК1 можно оценить предположительное распространение комплекса современных морских осадков на территории исследуемой впадины.

ЛЕДНИКОВЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ШЕЛЬФА БАРЕНЦЕВА МОРЯ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭВОЛЮЦИИ ОЛЕДЕНЕНИЯ (ПО ДАННЫМ РЕЙСА TTR-19).

Елисеев Александр Александрович[1], Соловьёва Марина Андреевна[2], Ахманов Григорий Георгиевич[1], Василевская Яна Алексеевна[1], Монтелли Александр Игоревич[3]

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, город Москва[1], ООО «Деко-геофизика», город Москва[2], Scott Polar Research Institute, University of Cambridge, Cambridge CB2 1ER, UK[3]

Изучение эволюции оледенений в прошлом играет очень важную роль для понимания и оценки их поведения в ближайшем будущем. Один из важных аспектов изучения истории оледенений – это анализ форм рельефа, образованных в результате деятельности ледника. Некоторые из них могут указывать на смену этапов наступания и отступания ледниковых покровов, другие же позволяют оценить направление движения льда и даже предположить скорость отступания.

В ходе научно-исследовательской экспедиции TTR-19, проходившей в рамках международной программы «Обучения через исследования (Плавучий Университет)» в северо-восточной части Баренцева моря, для исследования положения и направления течения ледовых потоков в последний гляциал были проведены детальные исследования морфологии морского дна – в расчёте на поиск ледниковых формы рельефа, диагностирующих направление течения и отступания ледников в эпоху последней дегляциации.

К этим формам рельефа относятся: борозды подледникового выпахивания, структуры типа «hill-hole pair», терминальные и латеральные морены, моренные гряды (типа «transverse-to-flow ridges»), туннельные долины, озы а также призмы отлегания ледника.

На северо-восточное течение ледника указывают многочисленные терминальные морены, которые были обнаружены в пределах всего района работ, но преимущественно встречались в пределах полигонов, расположенных в жёлобе Седова (полигоны «Грузовик», «Прицеп»). Все они простираются перпендикулярно к направлению течения ледника, так как их накопление происходило при выносе грубообломочного материала из-под его фронтовой части при отступании. Также в рамках экспедиции на основании предположения, что моренные гряды образовывались в результате сезонных (годовых) колебаний (наступлений и отступаний) ледника, была оценена скорость движения ледника. Она составляет приблизительно 250 метров в год в пределах Восточно-Баренцевоморской впадины, но значение сильно меняется в зависимости от расположения полигона, где проводились расчёты. Так на полигоне «Каблучок» скорость по расчётам составила 220 метров в год, на полигоне «Каша» – 240 метров, а на полигоне «Грядка» – до 400 метров в год.

Также на северо-восточное направление движения ледового потока, предположительно, указывает ориентировка туннельных долин, которые были обнаружены в центральной части седловины Страхова (полигоны «Туннель» и «Труба»). Ориентировка долин определяется главным образом градиентом давлений внутри покровного ледника и совпадает с направлением его течения (Bjarnadóttir et al., 2017).

Аналогичное направление указывают перигляциальные призмы отлегания, образующиеся в месте сочленения ледника с поверхностью дна. Их можно наблюдать как в западной части жёлоба Седова (полигон «Грузовик»), так и в Восточно-Баренцевоморской впадине (полигон «Каблучок»).

Наконец, общее движение ледника в северо-восточном направлении подтверждают формы «hill-hole pair», которые были найдены на полигонах «Прицеп», а также, в меньшем масштабе, на переходах между полигонами. Данные структуры связаны с неоднородностью донных осадков и их осушением (предположительно, в результате образования газовых гидратов, забирающих в себя воду (Winsborrow et al., 2016)). В результате осушения, и, следовательно, увеличения сцепления подошвы ледника с осадками происходит перенос материала по мере движения ледника, а в дальнейшем происходит его сброс. В результате образуется отрицательная структура в рельефе дна и холмообразное тело на её окончании. По взаимному расположению данных «холмов» и «ям» можно предположить направление движения самого ледника. В районе полигона «Прицеп» он наступал на северо-восток, а в районе полигонов «Стикер» и «Пирамида» на юго-запад, к центру района работ.

Отдельно стоит отметить специфику форм рельефа на северной бровке жёлоба Седова (полигон «Грузовик»). Борозды подледникового выпахивания, а также терминальные и латеральные моренные комплексы, выделенные в пределах данного района, дают дополнительную информацию о движении ледника. Они подтверждают, что ледник наступал неоднократно, несколько меняя азимут наступления с 105º на 117º в районе бровки жёлоба Седова. То есть они диагностируют наличие системы ледников, вероятно, продолжавших медленно отступать, в западном и северо-западном направлении после отступания более быстрого, глубокого ледового потока, тёкшего на северо-восток через седловину Страхова.

Таким образом, по данным многолучевого эхолотирования, собранных на полигонах детальных работ, были проведены картирование и интерпретация современных форм гляциального и перигляциального рельефа. Было идентифицировано несколько видов осадочных тел ледникового происхождения, диагностирующих скорость и направление течения ледового покрова. Детальное геоморфологическое картирование показало, что во время последнего оледенения один крупный, быстро текущий ледовый поток переходил через седловину Страхова в северо-восточном направлении, где, вероятно, соединялся с более крупным ледовым потоком, текущим на север вдоль жёлоба Святой Анны к своему краю на границе континентального шельфа.

В свою очередь, формы рельефа, выделенные на северной бровке жёлоба Седова, свидетельствуют о наличие системы ледников, которые продолжали медленно отступать в северо-западном направлении после отступания более быстрого, глубокого ледового потока, тёкшего на северо-восток через седловину Страхова. В целом же, ледниковые формы, встреченные в самом жёлобе Седова, свидетельствуют о наличии в нём зоны схождения ледовых потоков, тёкших в северном и восточном направлениях, соответственно. Помимо реконструкции движения ледового покрова в регионе работ данные рейса позволили впервые достоверно говорить о конфигурации Евразийского ледового щита во время последнего оледенения. Согласно новым данным, собранным в ходе рейса TTR-19, удалось определить географическое расположение ледового купола во время последнего оледенения. Ледовый купол находился к юго-западу от жёлоба Седова. Из этого следует, что именно в центральной части Баренцева моря преобладала зона максимального баланса между аккумуляцией и абляцией.

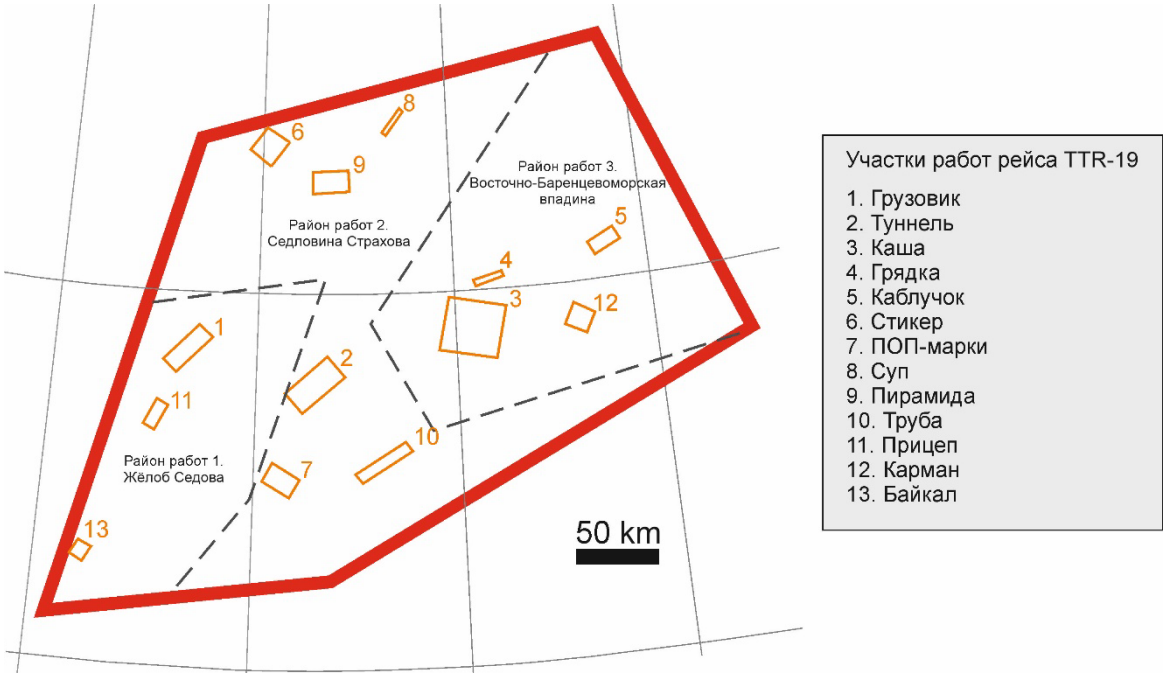


Рис.1. Расположение участков работ в научно-исследовательской экспедиции TTR-19

Список литературы:

Bjarnadóttir, L., Winsborrow, M., and Andreassen, K., 2017. Large subglacial meltwater features in the central Barents Sea. Geology, 45(2), 159–162.

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).

ПЕРСПЕКТИВЫ ГАЗОНОСНОСТИ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА АКВАТОРИЙ АРКТИКИ

Кишанков Алексей Владимирович [1,2]

[1] *ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина», Москва;*

[2] *ФГБУН «Институт проблем нефти и газа РАН», Москва*

Введение

В настоящее время одним из актуальных и перспективных направлений морских геологоразведочных работ является изучение газоносности верхней части разреза (ВЧР). Небольшие газовые залежи, находящиеся у поверхности морского дна, могут указывать на расположения крупных месторождений углеводородов на больших глубинах. Также необходимо исследование газонасыщенных отложений ВЧР в связи с тем, что они могут представлять опасность при поисковом и разведочном бурении. Вскрытие таких отложений сопровождается неконтролируемым выходом газа на поверхность, что приводит к авариям на буровых платформах, судах (Богоявленский, 2014).

Метод исследования

Объектами исследования являлись моря Лаптевых, Чукотское, Бофорта, Берингово. Целью работы являлся поиск потенциальных залежей свободного газа и газовых гидратов в ВЧР на основе интерпретации сейсмических данных. Аномалии сейсмической записи, указывающие на скопления свободного газа, определялись по следующим признакам: 1 - повышенные амплитуды отражений (яркие пятна), 2 - инверсия фаз отражений, 3 - прогибание осей синфазности, 4 - поглощение высоких частот упругих волн, 5 - зоны пониженных амплитуд под предполагаемыми залежами газа, 6 – горизонтальные оси синфазности (плоские пятна). Газовые гидраты прогнозировались по наличию отражающего горизонта BSR (bottom simulating reflector).

Всего в ходе работы проанализировано около 27,4 тыс. км сейсмических профилей. В результате выявлено примерно 1,5 тыс. аномалий, указывающих на потенциальные объекты, насыщенные свободным газом, выделены зоны вероятного распространения газовых гидратов на континентальных склонах морей Лаптевых, Бофорта, Берингова (Богоявленский и др., 2018, Богоявленский, Кишанков, 2018, 2020). Также выполнен анализ распределения потенциальных газонасыщенных объектов в ВЧР по глубинам и горизонтальным размерам.

Результаты

Большинство объектов по всем морям прогнозируется на глубинах до 200 м. Схожая статистика для четырёх морей может быть связана с интенсивными тектоническими движениями в соответствующих регионах на стадии накопления отложений ВЧР. Разрывные нарушения, доходящие близко к поверхности осадочного чехла, вероятно, способствовали миграции газа к придонным отложениям и в гидросферу. В море Лаптевых в позднемиоцен-плейстоценовое время произошла активизация растяжения коры, связанная с ускорением спрединга в соседнем Евразийском бассейне. В результате многочисленные разрывные нарушения деформировали большую часть разреза осадочного чехла, в том числе ВЧР. Лаптевоморский регион и в настоящее время характеризуется активной сейсмичностью (Аветисов, 1993). В Анадырском бассейне Берингова моря в среднем миоцене произошла активизация осадконакопления, связанная с рифтогенезом (Антипов и др., 2009). В Чукотском

море, предположительно, при накоплении отложений ВЧР имела место активизация разломов, смещавших более древние отложения. В море Бофорта разломные зоны нарушают четвертичные отложения и поверхность морского дна (Thurston, Theiss, 1987). Другой причиной полученного распределения потенциальных газонасыщенных объектов в ВЧР могут являться схожие криологические условия морей. Поскольку на рассмотренных акваториях залежи в ВЧР прогнозируются преимущественно в приповерхностных отложениях, можно предполагать, что в данных морях на значительных площадях отсутствуют сплошные многолетнемерзлые породы, способные экранировать газ при его миграции из глубинных источников.

По всем исследованным акваториям большинство выявленных объектов имеют протяженность до 2 км. Это говорит о том, что в ВЧР рассмотренных морей залежи имеют, в основном, небольшие размеры, ограниченные по объемам генерации источники биогенного газа и/или небольшие притоки термогенного газа из глубинных нефтегазоматеринских толщ.

Заключение

Таким образом, в морях Лаптевых, Беринговом, Чукотском, Бофорта на временных разрезах МОГТ по сейсмопрофилям общей протяженностью около 27,4 тыс. км в ВЧР выделены потенциальные газонасыщенные объекты и проанализирована статистика их распределения. Показано, что закономерности распространения газонасыщенных объектов в ВЧР могут быть связаны как с геологическим развитием соответствующих регионов, так и с современными криологическими условиями. Результаты работы подтверждают важность изучения газоносности ВЧР для повышения эффективности и безопасности поиска, разведки и разработки месторождений углеводородов на акваториях Арктики и Мирового океана.

Работа выполнена по государственному заданию по теме «Рациональное природопользование и эффективное освоение нефтегазовых ресурсов арктической и субарктической зон Земли» (№ АААА-А19-119021590079-6).

Список литературы:

Аветисов Г. П. Некоторые вопросы динамики литосферы моря Лаптевых //Физика Земли. – 1993. – № 5. – С. 28-38.

Антипов М. П., Бондаренко Г.Е., Бордовская Т.О., Шипилов Э.В. Тектоническая эволюция Анадырской впадины в связи с перспективами ее нефтегазоносности (Северо-Восток Евразии) //Геотектоника. – 2009. – № 5. – С. 74-96.

Богоявленский В. И. Арктика и Мировой океан: современное состояние, перспективы и проблемы освоения ресурсов углеводородов //Научные труды Вольного экономического общества России. – 2014. – Т. 182. – С. 12-179.

Богоявленский В. И., Казанин Г. С., Кишанков А. В. Опасные газонасыщенные объекты на акваториях Мирового океана: море Лаптевых //Бурение и нефть. – 2018. – № 5. – С. 20-28.

Богоявленский В. И., Кишанков А. В. Опасные газонасыщенные объекты на акваториях Мирового океана: Берингово море //Бурение и нефть. – 2018. – № 9. – С. 4-12.

Богоявленский В. И., Кишанков А. В. Опасные газонасыщенные объекты на акваториях Мирового океана: Чукотское море (Россия и США) //Арктика: экология и экономика. – 2020. – № 2. – С. 45-58.

Thurston D. K., Theiss L. A. Geologic report for the Chukchi Sea planning area. Anchorage, Alaska, Minerals Management Service OCS Report MMS. – 1987.

ОЦЕНКА РОЛИ ОЛЕДЕНЕНИЯ СРЕДНЕГО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА В ФОРМИРОВАНИИ КРИОЛИТОЗОНЫ СЕВЕРА ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО ШЕЛЬФА

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

[1]*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический факультет,*

[2] *Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,*

[3]*ООО «Северные Изыскания»*

К настоящему времени опубликован целый ряд моделей современного состояния криолитозоны Восточно-Сибирского сектора арктических морей. Все они характеризуются гипотетичностью задаваемых геологических разрезов, часто отсутствует тестирование сценария истории геологического развития исследуемого региона. Модели построены, исходя из представлений об отсутствии среднеплейстоценового оледенения на шельфе, хотя ледниковый генезис пластовых льдов на о-вах Новая Сибирь и Фаддеевский был установлен 10-15 лет назад [Анисимов и др., 2006; Басилян, Никольский, 2007; Тумской, 2012]. Цель исследований формулируется как оценка влияния покровного оледенения позднего неоплейстоцена на эволюцию и современное распространение толщ многолетнемерзлых пород (ММП) и зоны стабильности гидратов газов (ЗСГГ), положение их верхних и нижних границ на северо-западе Восточно-Сибирского шельфа. Указанная оценка выполнялась с помощью теплового математического моделирования и предусматривала использование реальных разрезов области оледенения и сопоставление результатов оценки с параметрами ММП и ЗСГГ во внеледниковых условиях. Для достижения поставленной цели в ледниковой области и внеледниковых условиях Восточно-Сибирского шельфа решались следующие задачи:

1) построение сценария истории геологического развития района исследований;

2) его тестирование;

3) математическое моделирование эволюции и современного распространения ММП и ЗСГГ, их верхних и нижних границ в пределах ледниковой области и внеледниковых условиях.

Методы исследований. Для расчета теплового состояния многолетнемерзлых пород и термобарических условий для газогидратов используется одномерная модель теплофизических процессов в донных отложениях с учетом фазовых переходов между мерзлым и талым грунтом [Malakhova, 2018, Malakhova, Eliseev, 2020].

Сценарий истории геологического развития состоит из сценария колебаний уровня моря, палеогеографического (палеотемпературного) сценария и геологической модели района исследований. Сценарий уровня моря строился на основе гляциоэвстатических кривых колебаний уровня Мирового океана и их трансформации с помощью данных по динамике седиментационных обстановок в регионе [Гаврилов, 2008] и оценки гляциоизостатических движений в связи с оледенением [Gutenberg, 1941; Былинский, 1980]. Этот же подход использовался при построении палеотемпературного сценария. Изотопная палеотемпературная кривая, являющаяся показателем глобальных колебаний климата, с помощью палеотемпературных данных по приморским низменностям севера Якутии и Новосибирским островам трансформировалась в региональную палеотемпературную кривую во внеледниковых условиях [Gavrilov, Tumskoy, 2003; Гаврилов, 2008].

Сценарий истории геологического развития региона. Оценить влияние оледенения на формирование ММП необходимо было в наиболее «чистом виде». Это означало, что воздействие других факторов, таких как состав и свойства пород, геотемпературная зональность, палеоэкологические факторы и проч., должно было быть задано таким образом, чтобы их влияние на формирование ММП в пределах ледниковой области и вне ее было бы одинаковым. Поэтому расчет производился для геологического разреза, свойственного

ледниковой области, как в ее пределах, так и вне их. Построение палеотемпературного сценария предусматривает восстановление истории геологического развития региона и представление ее в виде кривой эволюции температуры поверхности пород. Начальные температурные условия задавались в соответствии с особенностями развития ледниковой и внеледниковой области, поскольку сами особенности могли являться следствием оледенений. Действительно, если неледниковым обстановкам было свойственно явное преобладание субаэральных условий в раннем-первой половине позднего неоплейстоцена, то в ледниковой области, особенно в этап, предшествовавший расчетному периоду, преобладали морские обстановки. Указанная особенность имела место и в расчетный период (200 т.л.н. – современность)(рис.1).

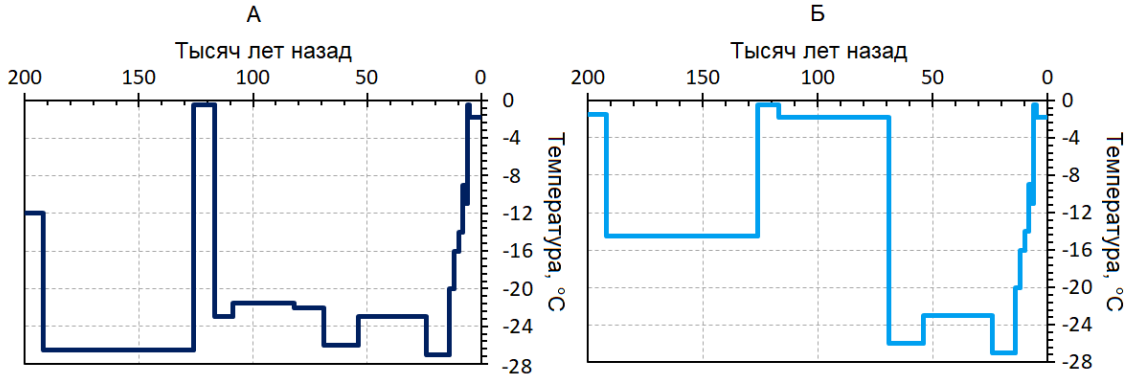


Рис. 1. Палеотемпературный сценарий для района изобаты 5 м: А - для области оледенения, Б - для внеледниковых условий

Для ледниковой области была построена гляциоизостатическая кривая изменения абс. высот земной поверхности. Ее абс. высоты составляли -170 м во время оледенения в морских условиях, +40 м (морская терраса на о. Новая Сибирь). Переход из морских условий в субаэральные осуществлялся в соответствии с датами, полученными по остаткам животных мамонтового комплекса не позднее 54 т.л.н. на о. Новая Сибирь [Басилян, Никольский, 2007; Тумской, 2012]. Он пришелся на время регрессии моря в МИС-4 (70-50 т.л.н.).

Тестирование сценария производилось путем математического моделирования на участках бурения на о. Новая Сибирь, обеспеченных геотермическими наблюдениями в скважинах.

Субмаринные ММП (результаты моделирования). Результаты моделирования во внеледниковых и ледниковых условиях в соответствии со сценарием (рис. 1) при тепловом потоке 50, 60 и 75 Вт/м^2 представлены на рис. 2 для районов изобат 5, 20 и 40 м. Они показывают зависимость мощности (глубины залегания нижней поверхности) ММП от геотермического потока, истории геологического развития (ледниковые, неледниковые условия) и глубины моря.

Зависимость мощности ММП от плотности геотермического потока выражена наиболее ярко. Она сокращается с ростом плотности как в ледниковых, так и внеледниковых условиях. Сокращение при разных изобатах укладывается в диапазон 320 - 280 м. Зависимость мощности ММП от наличия или отсутствия оледенения выражается также весьма отчетливо. В ледниковых условиях по сравнению с внеледниковыми при 50 мВт/м^2 она меньше примерно на 200 м на всех изобатах. При 75 мВт/м^2 сокращение выражается в таких величинах: 150 м на изобате 5 м и более 200 м на изобатах 20 и 40 м.

Проведенные расчеты показывают, что при тепловом потоке 50 или 60 мВт/м^2 влияние оледенения конца среднего неоплейстоцена выражается сокращением мощности ММП на 150-200 м в зависимости от глубин моря. При тепловом потоке 75 мВт/м^2 на изобатах 20-40 м оно приводит к формированию прерывистых или островных ММП. В зависимости от соотношения температуры придонной воды и температуры замерзания-таяния поровых растворов пород на этих изобатах возможно новообразование ММП.

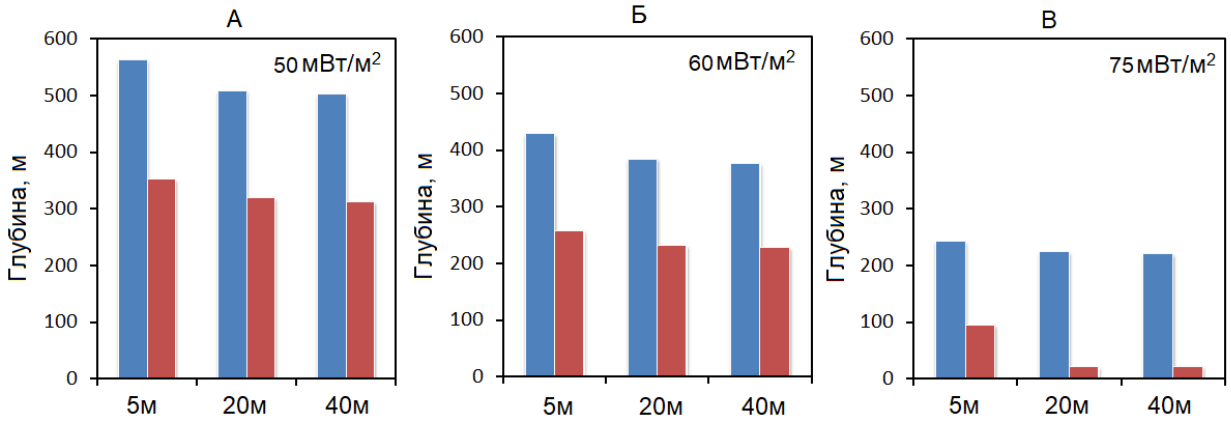


Рис. 2. Многолетнемерзлые породы шельфа во внеледниковых (синие столбики) и ледниковых условиях (красные столбики) на изобатах 5, 20 и 40 м. Результаты моделирования для современного периода при тепловом потоке: А - 50 мВт/м^2, Б - 60 мВт/м^2, В - 75 мВт/м^2.

Эволюция толщ ММП. Результаты моделирования показывают, что наиболее значительное влияние оледенение оказало на эволюцию толщ ММП и ЗСГГ (рис. 3). По нашим данным ММП и ЗСГГ во внеледниковых условиях непрерывно существовали в течение всего расчетного периода (200 т.л.н.- современность). В ледниковой области по в течение последних 200 тыс. лет ММП существовали примерно с 190 по 125 т.л.н. и с 70-55 т.л.н. до настоящего времени.

Зона стабильности гидратов газов по результатам моделирования формировалась совместно с ММП во внеледниковых условиях при тепловом потоке от 50 до 75 мВт/м^2, в ледниковых, только при 50 и 60 мВт/м^2 (в связи с малой мощностью ММП при 75 мВт/м^2). Кровля ЗСГГ по результатам моделирования в ледниковых условиях залегает на глубинах 140-160 м, во внеледниковых – несколько ниже. Меньшие значения отвечают изобате 40 м, бóльшие – изобате 5 м. Нижняя граница ЗСГГ в ледниковых условиях располагается на глубинах, близких 700 м при 50 мВт/м^2, на 450-500 - при 60 мВт/м^2. Во внеледниковых условиях глубины ее залегания составляют 900-1050 м и 770-790 м при 50 и 60 мВт/м^2 соответственно. При 75 мВт/м^2 они в основном близки к 400 м.

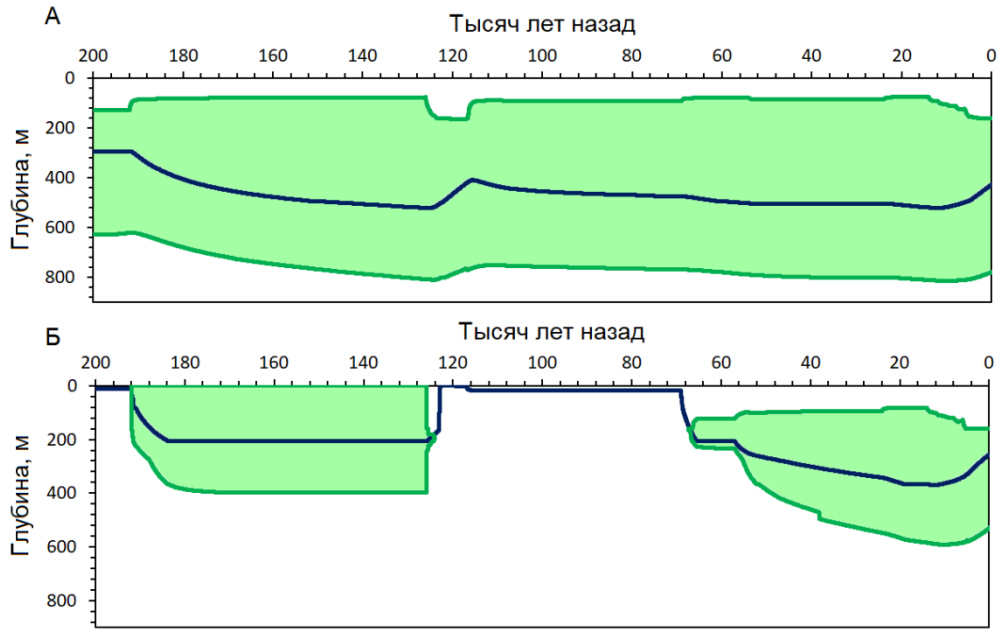


Рис. 3. Эволюция ММП и ЗСГГ во внеледниковых (А) и ледниковых условиях (Б) на изобате 5 м. Нижняя граница ММП – синяя линия, ЗСГГ – выделена зеленым цветом

Выводы

1. Впервые с помощью математического моделирования изучено распространение, мощность и глубина залегания кровли толщ ММП области покровного оледенения конца среднего неоплейстоцена на северо-западе Восточно-Сибирского шельфа.

2. Моделирование впервые базировалось не на условных схематизированных разрезах, а на данных бурения толщ, вмещающих, перекрывающих и подстилающих пластовый лед острова Новая Сибирь. Палеотемпературный сценарий тестирован результатами геотермических наблюдений в скважинах. Этим обеспечивается реалистичность результатов моделирования.

3. Результаты моделирования показывают, что в ледниковой области мощность ММП при тепловом потоке 50 и 60 мВт/м^2 на 150-200 м меньше, чем в ледниковых. При тепловом потоке 75 мВт/м^2 на изобатах 20-40 м оно приводит к формированию прерывистого или островного распространения ММП. В зависимости от соотношения температуры придонной воды и температуры замерзания-таяния поровых растворов пород на этих изобатах возможно новообразование ММП.

4. ЗСГГ во внеледниковых условиях формировалась при тепловом потоке от 50 до 75 мВт/м^2, в ледниковых, в связи с малой мощностью ММП при 75 мВт/м^2, только при 50 и 60 мВт/м^2.

5. Толщи ММП во внеледниковых условиях непрерывно существуют в течение всего расчетного периода (200 т.л.н. – современность). В ледниковой области на протяжении среднего плейстоцена-голоцена они возникали и деградировали. Современные толщи ММП существуют с МИС-4 (60-70 тыс. лет).

Список литературы

Анисимов М.А., Тумской В.Е., Иванова В.В. Пластовые льды Новосибирских островов как реликт древнего оледенения // Материалы гляциологических исследований. – 2006. - Вып. 101. - С. 143–145.

Басилян А.Э., Никольский П.А. Опорный разрез четвертичных отложений мыса Каменный (Новая Сибирь) // Бюл. Комис. по изучению четвертичного периода, 2007, № 67, с. 76-84.

Былинский Е.Н. Причины морских плейстоценовых трансгрессий севера Евразии // Бюл. Комиссии по изуч. четвертичного периода, 1980, № 50, с.35-57.

Гаврилов А.В. Криолитозона арктического шельфа Восточной Сибири (современное состояние и история развития в среднем плейстоцене – голоцене). Автореф…. д.г.-м.н. М., 2008, 48 с.

Тумской В.Е. Особенности криолитогенеза отложений северной Якутии в среднем неоплейстоцене – голоцене// Криосфера Земли, 2012, т. XVI, № 1, с. 12–21.

Gavrilov A.V., Tumskoy V.E. Model of mean annual temperature history for the Yakutian coastal lowlands and arctic shelf during the last 400 thousand years // Permafrost. Proseedings of the eighth International Conference on Permafrost, 21-25 July 2003, Zurich, Switzerland, v. 1, p. 287-290.

Gutenberg B. Changes in sea level, postglacial uplift, and mobilityof the Earth's intertor // Geol. Soc. Amer. Bull, 1941, v. 52, N 5, pp. 251-286.

Malakhova V.V. Estimation of the subsea permafrost thickness in the Arctic Shelf // Proceedings SPIE: 24nd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 2018, V.10833, p. 108337T.

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, p. 103249.

ОСОБЕННОСТИ ЛЕДОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В АРКТИКЕ И УМЕРЕННЫХ ШИРОТАХ

Мазнев Степан Валерьевич, Огородов Станислав Анатольевич
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Ввиду продолжительного ледового сезона на арктических берегах рельефообразующей деятельности льдов всегда уделялось значительное внимание. В умеренных широтах исследование данного вопроса оставалось в тени. В арктических морях формируется устойчивый припай с крупными ледяными образованиями, которые могут быть многолетними. Припайные льды надёжно защищают прибрежно-шельфовую зону, препятствуя воздействиям мобильных ледяных образований, которые происходят главным образом в периоды образования ледяного покрова и очищения акватории ото льда. В морях и озёрах умеренных широт ледяной покров нестабилен, очищение ото льда может происходить несколько раз за сезон, что влияет на размер и прочность ледяных образований. Эти акватории характеризуются интенсивной динамикой ледяного покрова, отрывом припайных льдов, наслоениями, навалами и надвигами льда на берега в течение всего ледового сезона.

В результате в морях и озёрах умеренных широт надвиги и навалы льда на берега получают более широкое распространение по сравнению с арктическими морями, где сильнее распространены формы воздействия льдов на дно. В морях и озёрах умеренных широт продолжительность ледового периода значительно меньше, а гидродинамически активного периода – больше. Важнейшее следствие этого – более высокая степень переработки результатов воздействий льдов на берега и дно морей и озёр умеренной зоны. Следы воздействий ледяных образований нивелируются наносами за счёт волновых воздействий, как это было показано на Каспийском море (Бухарицин и др., 2015), в то время как в Арктике они могут сохраняться десятилетиями (Огородов, 2011; Barnes et al., 1984).

Одна из причин низкого интереса к вопросам ледовых воздействий в средних широтах – отсутствие народно-хозяйственного запроса на научные исследования в данной области. В районах, где такие запросы есть, ледовые воздействия изучают довольно активно: на Каспийском море, Сахалине, Великих озёрах, Большой Ньюфаундлендской банке. В малонаселённых районах и при отсутствии запасов минерального сырья эти вопросы считаются несущественными, так как не могут значительно повлиять на хозяйственную деятельность человека. Тем не менее, ледовые воздействия происходят ежегодно с той или иной степенью интенсивности, которая в первую очередь определяется суровостью зимы, силой и повторяемостью ветров. На Каспийском море наибольшее число торосов и стамух формируется в умеренные (средние по ледовитости) зимы (Бухарицин, 1984). В суровые зимы припай более устойчив, соответственно и ширина зоны торосов – меньше. В мягкие зимы торосистость также низка из-за слабого развития ледяного покрова.

Несмотря на то, что формы рельефа, созданные льдом, во многих случаях существуют недолго, встречаются они достаточно часто, а процесс этот носит периодический характер. Процесс и создаваемые им формы имеют региональную и локальную дифференциацию. Наряду с гидрометеорологическими факторами, влияние льда определяется рельефом береговой зоны. Так, на отмелых берегах больше развита экзарация дна, так как благоприятные для ледовых воздействий глубины составляют широкую прибрежную зону. На приморских низменностях воздействие на берега проявляется в виде навалов и надвигов, продвигаясь в глубь суши, тогда как на абразионных берегах с выраженным уступом льды

воздействуют непосредственно на него. В первом случае происходит перестройка пляжа, во втором – ускорение отступания берегов. В то же время навалы льдов у подножия уступа могут некоторое время предохранять его от размыва.

Размеры ледово-экзарационных борозд зависят в основном от размера ледяных образований и слагающих дно грунтов. В большинстве замерзающих акваторий умеренной зоны льды и ледяные образования формируются в условиях пониженной солёности, что способствует их бóльшей прочности по сравнению с льдами и ледяными образованиями арктических морей. В то же время мощности ледяных образований сильно отличаются, что сказывается на ледово-экзарационных формах.

В субарктических акваториях глубины ледово-экзарационных борозд имеют глубину до 2,1 м (Астафьев и др., 1997), в умеренных достигают глубины 1,7 м (Daly, 2016), но в большинстве водоемов глубина борозд не превышает 1 м. В Арктике глубины борозд могут достигать 4 м (Barnes et al., 1984). Такое различие объясняется тем, что в Арктике пропашку могут вести многолетние ледяные торосистые образования, кили которых заметно прочнее по сравнению с однолетними (Shestov., Marchenko, 2016). При этом в Арктике глубина, на которой образуются ледово-экзарационные борозды и закрепляются стамухи, значительно выше и достигает 45 м (Barnes et al., 1984). При этом длина и ширина форм отличаются не так значительно.

В Арктике ледяные торосистые образования регулярно достигают дна на глубинах 17– 20 м и более (Ogorodov et al., 2013). На этих глубинах не происходит волновой переработки борозд (Огородов, 2011). В большинстве водоёмов умеренной зоны экзарации на таких глубинах не наблюдается, а в береговой зоне ледово-экзарационные формы нивелируются наносами, поэтому сохранность их существенно ниже, чем в Арктике.

Происходящее потепление климата изменяет положение зон наиболее интенсивных воздействий на дно, но сама активность процесса не снижается. Изучение ледово-экзарационных процессов и результатов их рельефообразующей деятельности в акваториях с различными природными условиями имеет большое фундаментальное и прикладное значение для понимания условий и интенсивности экзарации дна на мелководных замерзающих морях и крупных озёрах, а также динамики этих процессов. Изучение влияния изменений климата и локальных факторов (уровень водоёма, хозяйственная деятельность) позволит встроить исследования воздействий льдов на берега и дно в общую картину изменений природной среды за последнее время.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ № 16–17-00034-п.

Литература

Огородов С.А. Роль морских льдов в динамике рельефа береговой зоны. М.: Изд-во МГУ, 2011. 173 с.

Barnes P.W., Rearic D.M., and Reimnitz E. Ice gouging characteristics and processes // The Alaskan Beaufort Sea: Ecosystems and Environments. Eds.: P.W. Barnes, D.M. Schell,

E. Reimnitz. Acad. Press Inc.: Orlando, Florida, 1984. P. 185–212.

Ogorodov S., Arkhipov V., Kokin O., Marchenko A., Overduin P., Forbes D. Ice effect on coast and seabed in Baydaratskaya Bay, Kara Sea // Geography, Environment, Sustainability. 2013. № 03. V. 06. P. 32–50. doi: 10.24057/2071-9388-2013-6-3-21-37.

Астафьев В.Н., Сурков Г.А., Трусков П.А. Торосы и стамухи Охотского моря. СПб.: Прогресс-Погода, 1997. 197 с.

Бухарицин П.И. Особенности процессов торошения ледяного покрова северной части Каспийского моря // Водные ресурсы. 1984. № 6. С. 115–123.

Бухарицин П.И., Огородов С.А., Архипов В.В. Воздействие ледяных образований на дно Северного Каспия в условиях колебаний уровня и ледовитости // Вестн. Московского университета. Серия 5. География. 2015. № 2. С. 101–108.

Daly S.F. Characterization of the Lake Erie Ice Cover. Hanover, USA: U.S. Army Engineer Research and Development Center, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, 2016. 100 p.

Shestov A.S., Marchenko A.V. Thermodynamic consolidation of ice ridge keels in water at varying freezing points // Cold Regions Science and Technology. 2016. № 121. P. 1–10. doi: 10.1016/j.coldregions.2015.09.0.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О РЕЛЬЕФЕ ДНА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-19.

Кривцов Алексей Юрьевич[1], Соловьёва Марина Андреевна[2], Ахманов Григорий Георгиевич[1], Буланова Ирина Андреевна[1]

[1]*МГУ имени М.В. Ломоносова*

[2]*ООО «Деко-геофизика»*

Введение

Шельф Баренцева моря является объектом устремления интересов нефтяной и газовой индустрии. Его подробное изучение невозможно без глубокого анализа рельефа поверхности дна. На данный момент существуют мелкомасштабные карты рельефа дна Баренцева моря, однако детально он не закартирован. Основным источником сведений о рельефе дна является международная батиметрическая схема Северного-Ледовитого Океана IBCAO (GEBCO) (рис. 1). Однако из-за того, что в GEBCO почти не поступает батиметрическая информация из северных акваторий России и из-за крупной ячейки гридирования, карты IBCAO (размер ячейки 400×800 м), нет детальной информации о структурах рельефа дна.

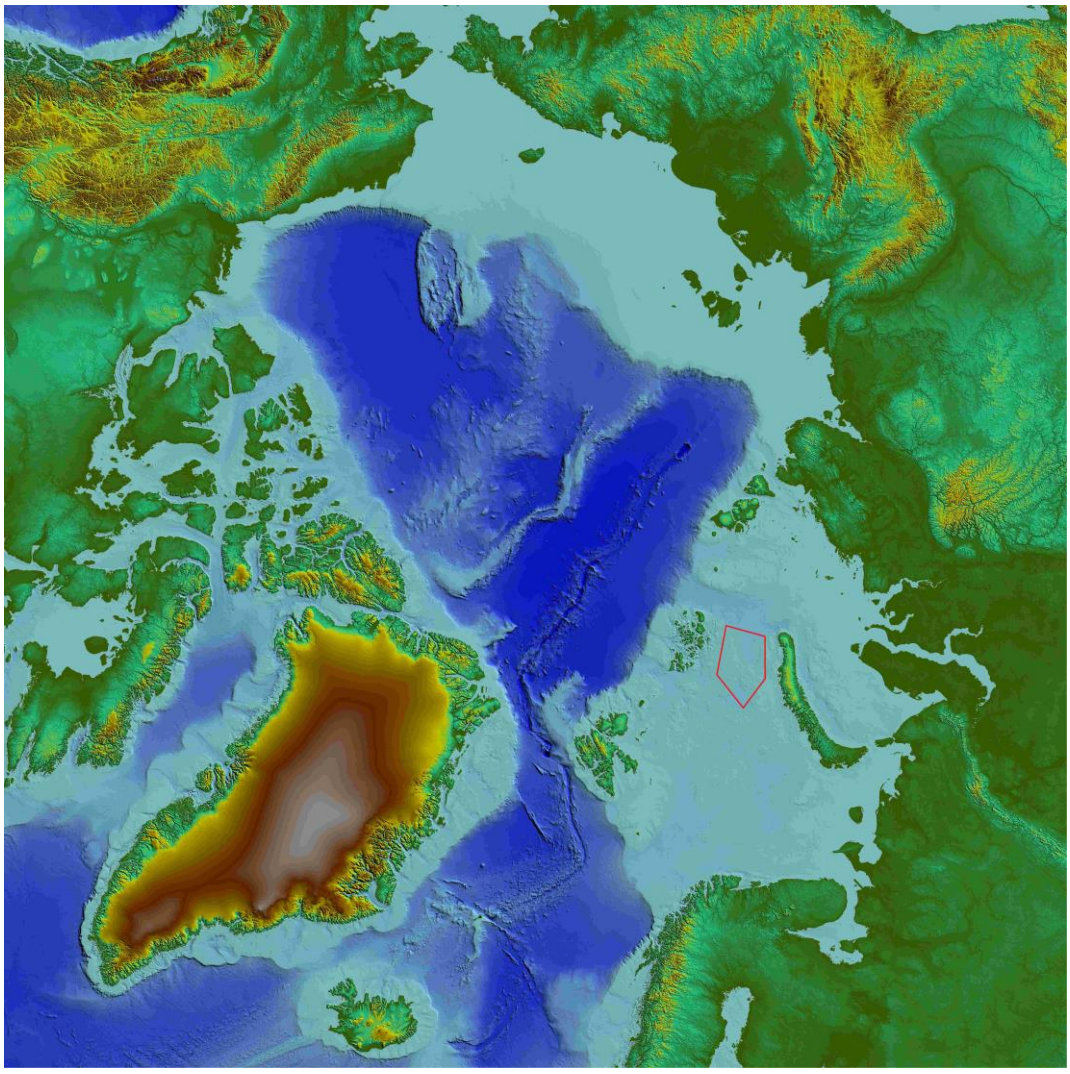


Рис 1. Батиметрическая схема IBCAO. Красной рамкой обозначен район работ экспедиции TTR-19 [https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/arctic_ocean/].

В июле-августе 2020 года при поддержке Министерства Науки и Высшего Образования РФ в рамках 48 рейса НИС «Академик Николай Страхов» состоялась научная экспедиция Плавучего университета TTR-19 в северо-восточную часть Баренцева моря. Одной из задач экспедиции было получение новых данных о рельефе дна моря с целью детализации существующих батиметрических схем и последующего построения новых высокоточных топографических карт рельефа дна.

Данные и методы

Процесс построения грида для карты IBCAO состоит из нескольких шагов. Сначала производится сборка различных видов данных о глубинах (данные одно- и многолучевых эхолотирований). Далее по необходимости, вводятся поправки, вплоть до удаления данных низкого качества, противоречащих другим наблюдённым глубинам. После этого в несколько итераций производилось построение финального грида с ячейкой 200×200 м для зарубежных территорий и 400x800 для российского арктического шельфа [Jakobsson et al., 2020].

В экспедиции TTR-19 была проведена обширная батиметрическая съёмка, охватившая площадь в 4861 км^2 (рис. 2). Полевые данные затем проходили через настраиваемые фильтры и ручную обработку. После этого производилось сшивка фрагментов батиметрии в единую площадь. Несмотря на то, что батиметрические данные не покрывают площадь района работ равномерно, они представляют ценность для построения новых батиметрических карт более крупного масштаба и, соответственно, дают новую информацию о донных структурах. Данные, полученные в ходе 48 рейса НИС «Академик Николай Страхов», представляют из себя грид-модель с размером сетки 15 м.

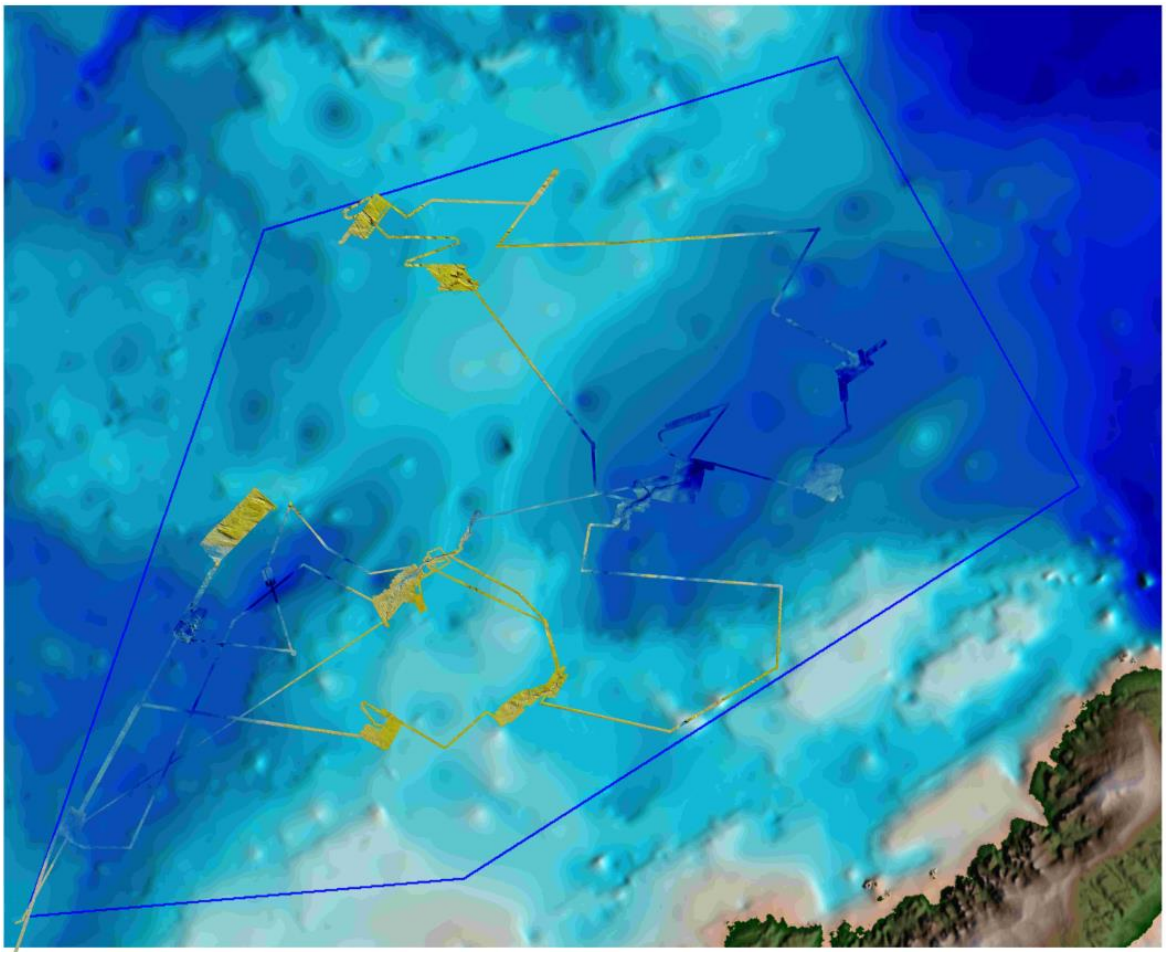


Рис 2. Фрагмент карты IBCAO с наложением полученных в экспедиции TTR-19 батиметрических данных.

Результаты

На севере-востоке Баренцева моря карта IBCAO покрыта системой изометричных как отрицательных, так и положительных форм рельефа (рис. 2), предположительно, не существующих в реальности. Такие артефакты связаны с особенностями работы алгоритма интерполяции и недостатком входных данных. В ходе экспедиции ряд таких структур был пересечён профилями батиметрии – их искусственная природа была подтверждена (рис. 3). Эти примеры наглядно показывают, что с использованием батиметрических данных, полученных в 48 рейсе НИС «Академик Николай Страхов», можно перестроить мелкомасштабные батиметрические карты более корректно.

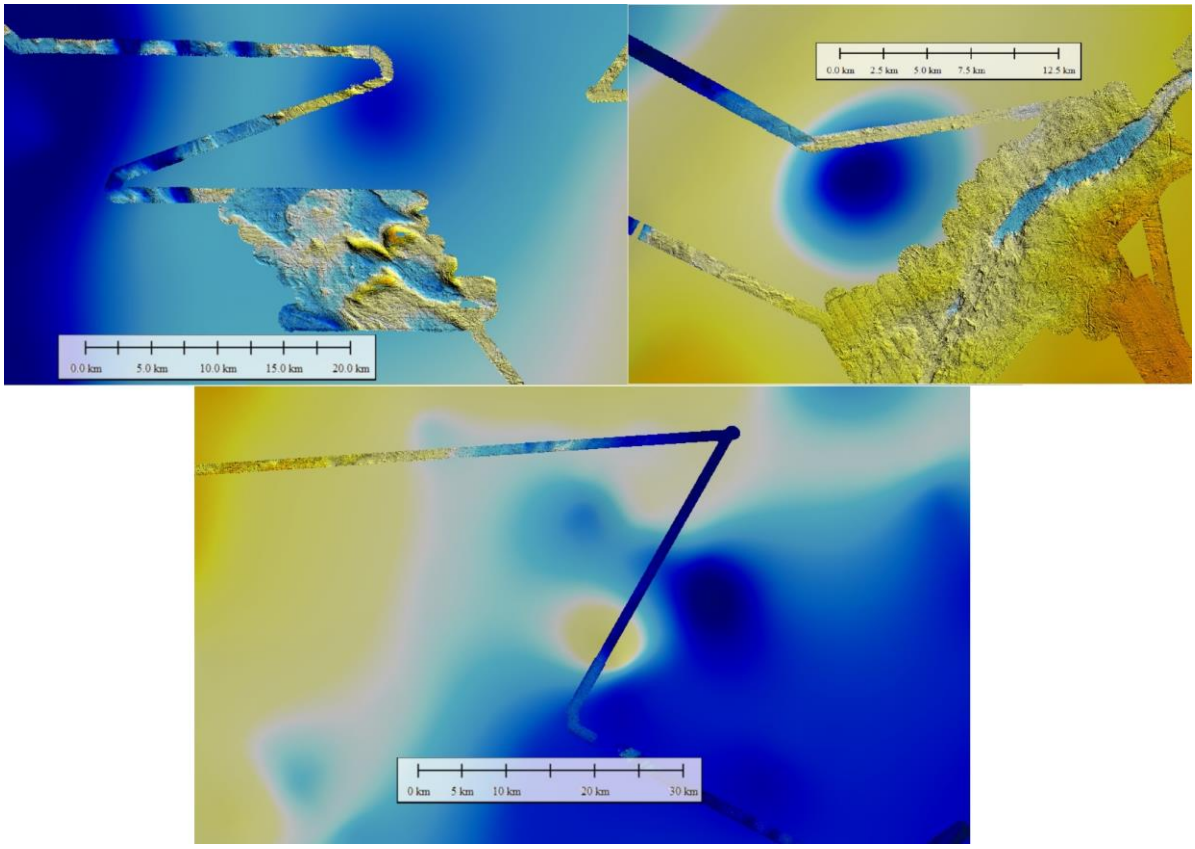


Рис 3. Примеры артефактов интерполяции на батиметрической карте IBCAO.

В результате проведенной работы были получены достоверные сведения о ранее неизвестных донных структурах, наличие которых было бы невозможно предсказать по существующим батиметрическим схемам (рис. 4). Также удалось обнаружить и описать различные ледниковые формы рельефа, позволяющие реконструировать течение ледовых потоков на северо-востоке Баренцева моря в ходе последнего оледенения.

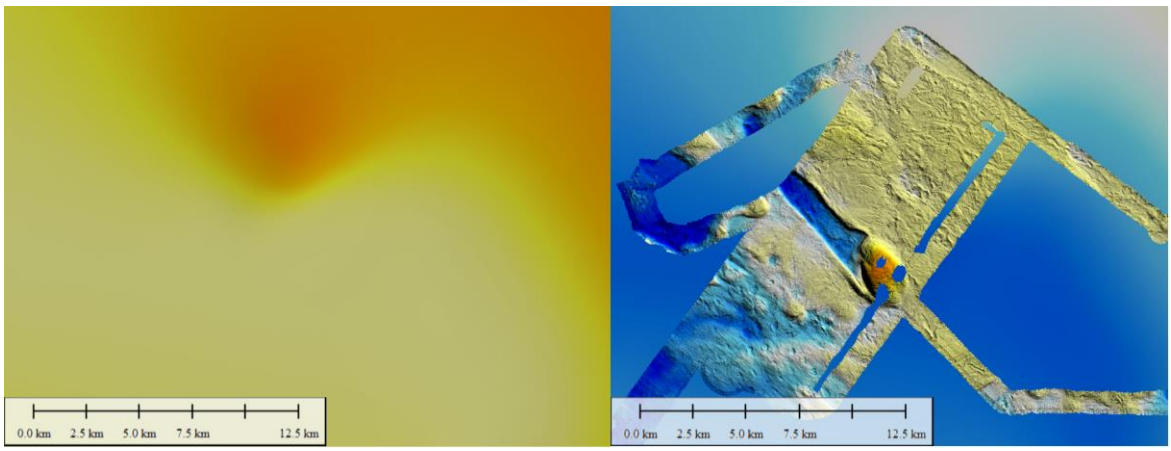


Рис 4. Фрагмент карты IBCAO и ледниковая форма рельефа «hill-hole pair», обнаруженная на этом участке.

Заключение

В ходе экспедиции TTR-19 были получены новые сведения о рельефе дна северо-востока Баренцева моря. Эти данные помогают построить более точные карты рельефа дна. Проведение подобных научных рейсов позволяет покрыть обширные площади российских северных акваторий батиметрической съёмкой и детально изучить их рельеф.

Список литературы

1. *Martin Jakobsson, Larry A Mayer, Caroline Bringensparr*. The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean Version 4.0. Scientific Data 7(176):14, 2020
2. Батиметрические данные GEBCO. Электронный ресурс: [https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/arctic_ocean/]

ОЧАГИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЯНЫМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ В БАРЕНЦЕВО-КАРСКОМ БАССЕЙНЕ ПРИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХОГЕННЫХ НАГРУЗКАХ

Александрова Алина Георгиевна,
ИО РАН, Москва

Нефтепродукты (НП) или нефтяные углеводороды (НУ) относятся к числу наиболее распространенных загрязнителей морской среды. Их распространение происходит, главным образом, в поверхностном слое вод, накапливаясь в донных осадках, содержание НП в воде неравномерно на разных участках акватории до нескольких ПДК, что обусловлено гидрологическими процессами – течениями и гидрофронтами.

В прибрежной зоне концентрации НП, превышающие ПДК, отмечаются в бухтах, иногда в зонах прибрежных гидрофронтов. Основной поток нефтепродуктов также поступает со стоками рек с территории водосбора и атмосферными выпадениями. Основная задача исследования: выявить очаги импактного загрязнения.

По результатам проведенного анализа на основе имеющихся контактных данных и данных дистанционного зондирования о нефтяном загрязнении под спутниковыми измерениями углеводородов в Баренцевом море определяются районы, подверженные загрязнению. В этой связи, с развитием хозяйственной деятельности на акваториях и в водосборных бассейнах морей обостряется необходимость повышения уровня мониторинга антропогенных воздействий на морские экосистемы в изменяющихся климатических условиях.

Доминирующая часть извлекаемых ресурсов УВ приурочена к недрам арктических морей: Карского и Баренцева с Печорским (рисунок 1).

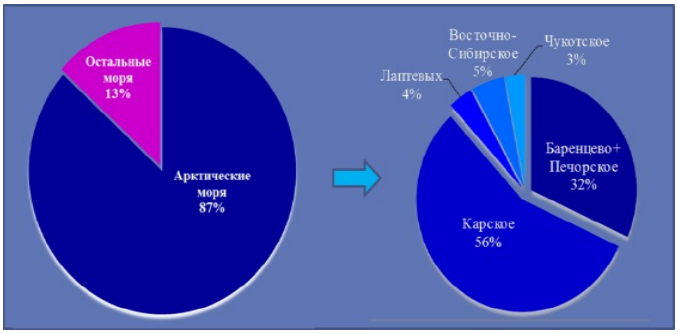


Рисунок 1. Доля арктических морей в начальные суммарные ресурсы углеводородов шельфов РФ (Каминский, 2016)

В Западно-Арктическом регионе устанавливается достаточно отчетливая связь нефтегазоносности с рифтогенными системами рассмотренных бассейнов, но вместе с тем имеются и специфические особенности, обусловленные влиянием основного магматизма на формирование структур осадочного чехла и на фазовое состояние УВ.

На перераспределение скоплений УВ в ходе эволюции бассейна сказывается фактор литостатического давления, обеспечивающий миграцию флюидов из областей бассейна с избыточным давлением в области разгрузки, в частности в периферийные бортовые и прибортовые зоны, где при благоприятных сочетаниях структурных и неструктурных, экранирующих, емкостных (Шипилов, Боголепов, 1997) и других условий формировались

месторождения УВ. При сравнении нефтегазоносности в направлении с запада на восток и с юга на север преобладающий состав УВ сменяется в акваториальных бассейнах от нефти до газоконденсата (Шипилов, 2000).

Источники поступления в морской бассейн загрязняющих веществ можно подразделить на природные и техногенные. Помимо природных источников поступления УВ в морскую среду нефтяные и газовые месторождения способствуют в значительной степени загрязнению воды фенолами, формальдегидами, различными углеводородами, нефтяными пленками.

При рассмотрении основных характеристик распределения и приуроченности месторождений УВ, представляющих потенциально подверженные загрязнению участки моря, можно отметить общую региональную закономерность.

Становление геодинамической системы самого осадочного бассейна является необходимым фактором, определяющим такое его неотъемлемое, но изменяющегося во времени свойство, как УВ-потенциал. Осадочные бассейны западного сектора Арктического шельфа лежат на подводном продолжении крупнейших нефтегазоносных провинций мира - Тимано-Печорской и Западно-Сибирской, где открыто 15 различных по запасам месторождений УВ (Шипилов, 2000).

На Печороморском продолжении Тимано-Печорского бассейна известно семь месторождений: морские − Приразломное, Северо-Гуляевское, Поморское, Варандейскоое море и Медынское море, а на о-ве Колгуев − Песчаноозерское и Ижимка-Тарское.

Южно-Карский бассейн включает: Русановское, Ленинградское месторождения, прибрежно-морское Харасавейского месторождение (газоконденсат), Белоостровское газоконденсатно-нефтяное месторождение. На трех Восточно-Приновоземельских участках Карского моря обнаружено более 30 структур, а экспертная оценка ресурсной базы трех участков составляет 87 млрд баррелей или 13 млрд тонн н.э. Карская морская нефтеносная провинция, по оценкам экспертов, по объему ресурсов превзойдет многие мировые нефтегазоносные провинции.

В Южно-Баренцевском бассейне газоконденсатные и газовые месторождения: Мурманское, Северо-Кильдинское, Штокмановское, Ледовое, Лудловское характеризутся триасовыми и юрскими отложениями, тяготеющими к периферийным зонам бассейна.

Очаговое загрязнение арктических окраинных морей и связанные с этим экологические риски формируются эмитентами регионального и локального масштаба, активность которых зависит от хозяйственной деятельности на акватории морей и на территории водосборных бассейнов. В этом контексте следует упомянуть в юго-восточной части бассейна (Печорское море) портово-хозяйственный комплекс «Варандей», а также Песчаноозерское месторождение (о. Колгуев), общие запасы нефти которого оцениваются в 11 млн. тонн.

Сценарий загрязнения нефтепродуктами вод в Баренцевом море в местах установки предполагаемых нефтедобывающих платформ аналогичен о. Колгуев. Так, уровень антропогенной нагрузки по загрязнению нефтяными углеводородами на регион Печорского моря обусловлен интенсивной эксплуатацией Тимано-Печорского, Печорского каменноугольного бассейна, Тимано-Печорской газонефтяной провинции, а также открытием газовых и нефтяных месторождений непосредственно в устьевой области р. Печоры, прилегающих районах тундры (Ильин, 2009). На единственном действующем в России проекте по добыче углеводородов на шельфе Арктики − Приразломном месторождении в 2019 году было добыто 3,14 млн. тонн нефти.

Изучение состава, распределения и генезиса УВ в поверхностных водах и в донных осадках с учетом природного углеводородного фона, миграции УВ при поступлении в море, может служить основой для последующего геоэкологического контроля при разведочных и добычных работах (Петрова, 2015, Немировская, 2020).

Выявление углеводородных фоновых концентраций важно как для пелагических, так и прибрежных морских вод для задач трактовки обнаруженных на различных горизонтах концентраций. Количество поступающих УВ влияет на протекание окислительно-восстановительной ситуации в морском районе. Так, установлено, загрязненные донные осадки, содержащие антропогенные ПАУ и АУВ в связи с процессами осаждения основной части сорбированных водной взвесью разлитых нефтепродуктов встречаются эстуарных зонах, в области маргинальных в припортовых акваториях. По сводным картам пятен пленочных загрязнений моря (Кучейко и др., 2020), обнаруженных, верифицированных и картографированных в результате мониторинга различных районов проведен анализ изменчивости концентраций УВ в поверхностных водах и в поверхностном слое донных осадков.

Литература

Шипилов Э.В. Месторождения углеводородного сырья российского шельфа Арктики: геология и закономерности размещения // Вестник МГТУ, 2000. Том 3. № 2. С. 339-350.

https://textarchive.ru/c-1004799-pall.html Экологические аспекты деятельности нефтяных компаний в России

http://rosneft.ru/news/today/27092014.htm

Ильин Г.В. Распространение загрязняющих веществ в шельфовых морях Российской Арктики // Геология и геоэкология континентальных окраин Евразии. М.: ГЕОС, 2009. Вып. 1. С. 124–163.

https://www.gazprom.ru/projects/prirazlomnoye/

Петрова В.И., Батова Г.И., Куршева А.В. и др. Углеводороды в донных осадках Штокмановской площади – распределение, генезис, временные тренды // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2015. Т. 10. № 3.

Немировская И.А. Углеводороды в водах и осадках Баренцева моря в период изменчивости ледового покрова. Геохимия, 2020, том 65, № 7, с. 679–692

А.Ю. Кучейко, А.Ю. Иванов, Н.В. Евтушенко, Н.А. Филимонова, Н.В. Терлеева, Д.В. Ивонин, А.Г. Александрова. Пленочные загрязнения Баренцева моря по данным радиолокационного мониторинга 2017-2019 гг. // Экология и промышленность России, 2020

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ЛЕДНИКОВЫХ ПАЛЕОДОЛИН СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО ДАННЫМ РЕЙСА TTR-19)

Соколова Елена Олеговна[1,2], Соловьёва Марина Андреевна[1,2], Ахманов Григорий Георгиевич[1], Буланова Ирина Андреевна[1]

[1] *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

[2] *ООО «Центр анализа сейсмических данных МГУ им. М.В. Ломоносова»*

Введение

Летом 2020 года в северо-восточной части Баренцева моря состоялась научная экспедиция TTR-19, которая ознаменовала возрождение легендарных международных экспедиций по программе «Training-through-Research». В ходе изысканий в пределах седловины Страхова, на полигонах «Туннель» и «Труба», и в Восточно-Баренцевоморской впадине, на полигоне «Каша», были обнаружены три ледниковые палеодолины, которые были закартированы и детально изучены различными геолого-геофизическими методами Их формирование обусловлено относительным мелководьем в седловине Страхова и постоянным воздействием быстрых ледников во впадине. Обнаруженные системы играют важную роль в динамике движения ледника и помогают получить важную информацию о формировании, динамике и механизмах дренажа подледниковых талых вод. Для интерпретации использовались данные сейсморазведки с электроискровым источником, акустической съемки с профилографом, многолучевого эхолотирования, а также результаты донного пробоотбра.

Участок «Туннель»

Главным объектом изучения на данном полигоне является ледниковая палеодолина, которая была полностью покрыта данными многолучевого эхолотирования. Глубина долины достигает 70 м, а ширина – 2 км. Резкие перепады рельефа вдоль долины (Рис. 1А), свидетельствуют о том, что течение вод по её тальвегу было направлено против локальных градиентов склона. Следовательно, её образование не связано с движением вещества по склону, обусловленного действием гравитационных сил. В таком случае, происхождение долины можно связать с напорным подледниковым давлением. Наличие моренных отложений в западной части тальвега долины дает дополнительное основание считать данную морфоструктуру туннельной долиной субгляциального происхождения (Bjarnad'ottir et al., 2017).

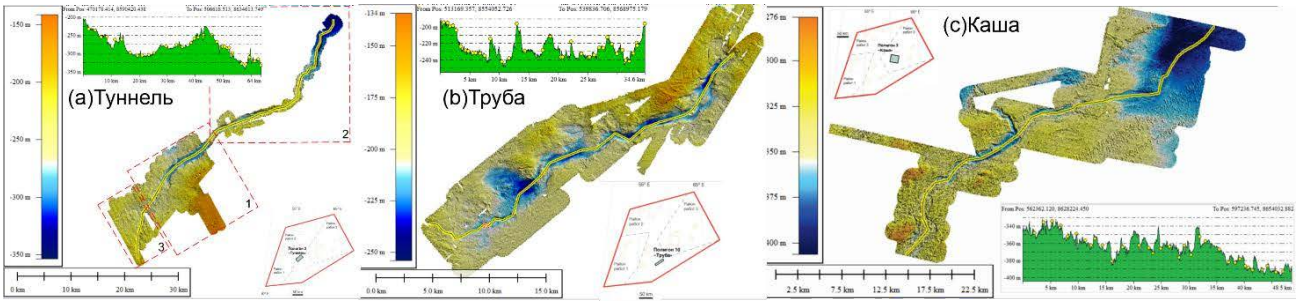


Рис. 1 Рельеф дна вдоль тальвега палеодолин.

По батиметрическим данным наблюдается плавное погружение рельефа дна в северо-западном направлении. На его фоне выделяется протяжённый врез (палеодолина). Максимальная глубина поверхности дна достигается в тальвеговой части вреза и составляет 352 м. На данном полигоне выделяются пять различных типов рельефа: а) палеодолина; б) моренные гряды; в) впадина (обширное понижение на поверхности дна); г) плугмарки

(борозды ледового выпахивания); д) локальные изометрические понижения в рельефе дна (покмарки).

На данном полигоне, как и в большей части Баренцева моря, выделяются многочисленные гряды моренных отложений. Наибольшие по размеру структуры наблюдаются в юго-западной части палеодолины и имеют форму призм, вытянутых в северо-восточном направлении. По данной морфоструктуре можно сделать предположение о том, что именно в этом направлении двигался ледник.

Временные разрезы вдоль тальвега палеодолины имеют сложное строение (Рис. 2). Интересным является объект с акустически прозрачной волновой картиной и положительной формой рельефа (Рис. 2А) Установить его генезис только по данным профилографа затруднительно. К северо-востоку от данного объекта тальвеговая часть долины заполнена отложениями с параллельно-слоистой волновой картиной, которая прерывается зоной с хаотической записью. Также, в слоистой толще встречаются акустически прозрачные линзы и выклинивающиеся комплексы.

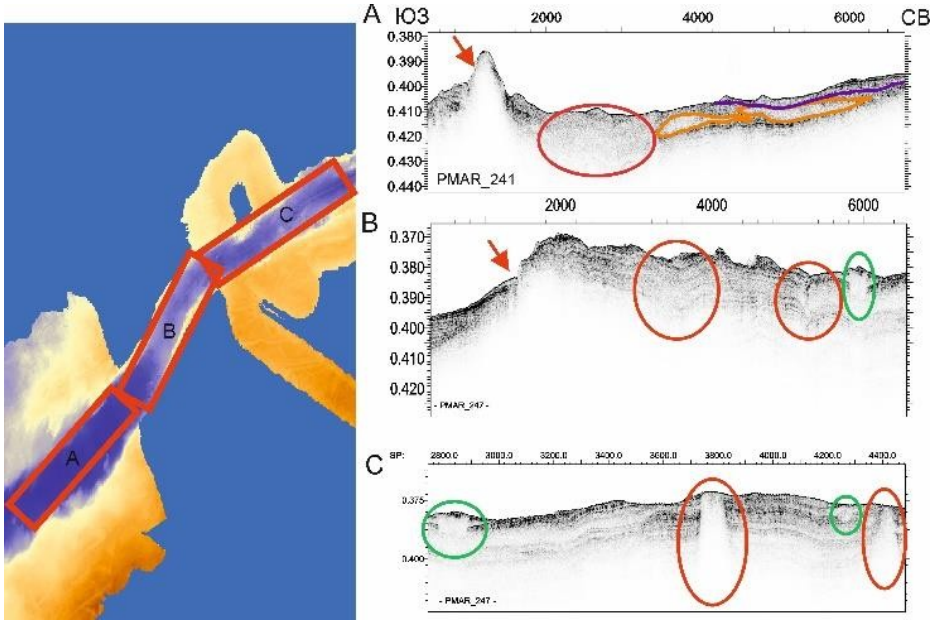


Рис. 2 Фрагменты временного разреза вдоль тальвега долины: А: Стрелкой показана положительная форма рельефа, овалом – зона с хаотической волновой картиной, оранжевым выделены акустически прозрачные линзы, а фиолетовым показан выклинивающийся комплекс. В: Стрелкой показано поднятие, красными овалами – складки в слоистой толще, зелёным овалом – акустически прозрачное тело неизвестного генезиса. С: Красными овалами отмечены предполагаемые песчаные диапиры, зелёными – объекты неизвестного генезиса с акустически прозрачной волновой картиной.

Вниз по тальвегу (в северо-восточном направлении) встречается поднятие и смятые в складки осадки со слоистой волновой картиной (Рис. 2В).

Дальше по профилю в северо-восточном направлении (Рис. 2С) выделяется ещё один выклинивающийся акустически прозрачный комплекс. Далее видны практически вертикальные объекты с прозрачной волновой картиной, визуально похожие на газовые сипы или песчаные диапиры. По результатам пробоотбора в них были вскрыты пески, но газы обнаружены не были. Также были выделены объекты неизвестного генезиса с акустически прозрачной волновой картиной, но прослеживающийся слоистостью под ними.

Вышеописанные результаты были дополнены данными, полученными с помощью метода сейсморазведки сверхвысокого разрешения. Так как они имеют большую глубинность, то

этот метод позволил проследить толщу с наклонным залеганием, представленную коренными отложениями. Помимо этого, был более точно выделен эрозионный врез.

Участок «Труба»

Для данного полигона характерны те же морфоструктуры, что и для большей части Баренцева моря, а именно: моренные отложения и плугмарки (борозды ледового выпахивания). Плугмарки встречаются разных размеров, ширина борозды достигает 500 м. Сосредоточение таких широких и достаточно протяжённых борозд находится в северной части полигона. Главным объектом изучения на данном полигоне является палеодолина, которая была полностью откартирована. На профиле рельефа дна вдоль тальвега долины наблюдаются резкие перепады (Рис. 1B). Очевидно, что данная морфоструктура также является туннельной палеодолиной.

Однозначных доказательств направления движения ледника на этом полигоне нет. Однако, если смотреть на полигон с анализом региональной картины, особенно учитывая результаты, полученные на полигоне “Туннель”, можно сделать предположение о движении ледника в северо-восточном направлении. Глубина долины достигает 45 м, а ширина в месте разлива – 4,5 км.

Палеодолина имеет достаточно сложное строение. Начинаясь с юго-западного края, её ширина едва достигает 50 м. По ходу перемещения ледника туннельная долина становится значительно шире, а затем тальвег сильно расширяется до 4,5 км. Предположительно такая структура является ледниковым озером (Рис. 3A).

Затем долина разделяется на два русла (Рис. 3B), после чего вновь разливается по площади (Рис. 3C). Далее по движению (Рис. 3D) в тальвеге туннельной долины встречаются останцы, достигающие 1 км в ширину. Северо-восточное окончание долины характеризуется достаточно резким подъёмом, что является ещё одним доказательством в пользу предположения о том, что данный объект является подледниковой туннельной долиной.

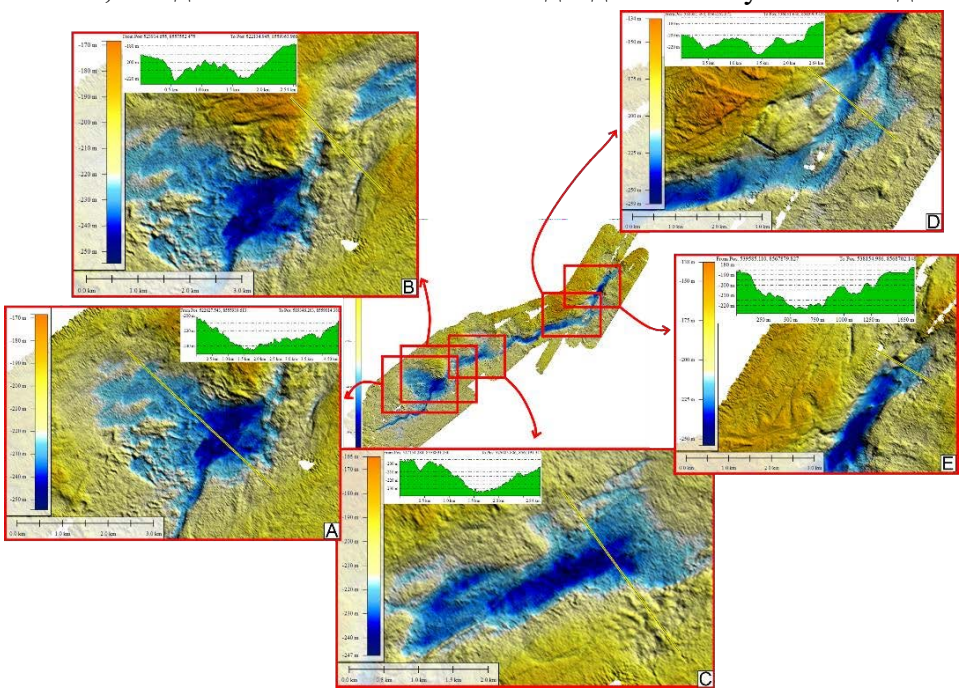


Рис. 3 Палеодолина в плане, графики показывают рельеф объекта вдоль линии. A - ледниковое озеро, B - разветвление долины, C - предположительно ледниковое озеро, D - долина с останцами, E - окончание палеодолины.

Участок «Каша»

Формы рельефа, представленные на данном полигоне, аналогично предыдущим, в том числе и ледниковый канал, являются результатом последнего отступания ледника. В центральной части от палеоканала наблюдается ответвление.

Для профиля рельефа дна, построенного вдоль тальвега канала с юго-запада на северо-восток полигона, характерно неравномерное изменение глубин рельефа, указывающее на разнонаправленность сил, воздействовавших на формирование структуры туннельной долины (Рис. 1С). Такая конфигурация канала может быть характерна для эрозионной системы, образованной в условиях покровного оледенения. Однако общая тенденция изменения глубины русла канала характеризует увеличение его глубины к северо-востоку полигона.

В дистальной части канала его борта расходятся к северу и югу полигона, рельеф тальвега канала становится менее сложным и относительно однородным. Однако, глубоководная часть полигона в пределах развития уплощенной части канала характеризуется положительной вытянутой структурой, называемой эскером.

Заключение

По результатам экспедиции были обнаружены три достаточно крупные подледниковые туннельные долины, две из которых были полностью закартированы. Помимо этого, данные были дополнены результатами донного пробоотбора. Предполагается, что обнаруженные структуры являются сложной сетью каналов и резервуаров, что объясняет сходства в их строении. Протяженность данных структур составляет не менее 80 км, что делает их одними из крупнейших подледниковых гидрологических комплексов, когда-либо задокументированных на морском дне в полярных регионах. При изучении региональной картины в целом и особенностей строения самих долин, было выявлено общее направление движения ледовых потоков, сформировавших данные структуры. Все палеодолины имеют U-образную форму в поперечном сечении. В тальвеге туннельной долины на первом полигоне были обнаружены уникальные песчаные диапиры. Вторая долина частично заполнена современными осадками, которые отличаются от характерных осадков площади исследования, что может свидетельствовать о современном переносе материала. На третьем полигоне была обнаружена интересная форма рельефа, предположительно являющаяся эскером. Помимо этого, на втором и третьем полигонах были выделены ледниковые озера. Таким образом, данная работа позволяет значительно улучшить представления о формировании, динамике и механизмах дренажа подледниковых талых вод.

Список литературы

Bjarnad´ottir, L., Winsborrow, M., and Andreassen, K., 2017. Large subglacial meltwater features in the central Barents Sea. Geology, 45(2), 159–162.

Dowdeswell, J. A., Ottesen, D., Rise, L., and Craig, J., 2007. Identification and preservation of landforms diagnostic of past ice-sheet activity on continental shelves from three-dimensional seismic evidence. Geology, 35(4), 359–362.

МАКРОКОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОРОВЫХ ВОД ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЖЁЛОБА СЕДОВА БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Шиндина Наталья Евгеньевна[1], Казак Екатерина Сергеевна[1], Барковский Макар Дмитриевич[1], Даниленко Анна Сергеевна[1], Ахманов Григорий Георгиевич[1]

[1] *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Введение

Баренцевоморский шельф, как и вся Арктика, является перспективным нефтегазоносным регионом, однако отличается малой изученностью территории. Локальные фокусированные выходы газовых потоков над поверхностью донных осадков в районе Восточно-Баренцевоморской впадины доказывают перспективность разведки запасов нефти и газа в данном регионе (Ступакова и др., 2015). Такие фокусированные потоки глубинных флюидов могут вызывать изменения химического состава иловых вод донных отложений, поэтому изучения их состава и свойств может помочь в выявлении геохимических критериев нефтегазоностности для района исследования и в дальнейшем помочь в ходе поисково-разведочных работ.

Данные и методы

Материал исследования (полноразмерная колонка керна, пробы поверхностной и придонной воды) был отобран в южной части жёлоба Седова Баренцева моря в ходе экспериментальных полевых работ в рамках экспедиции TTR19 "Обучение-через-Исследование" (Training-through-Research) 48-го рейса НИС «Академик Николай Страхов» (рис. 1). Выбор для исследования данной колонки обоснован наличием «газового факела», зафиксированного в точке пробоотбора однолучевым эхолотом.

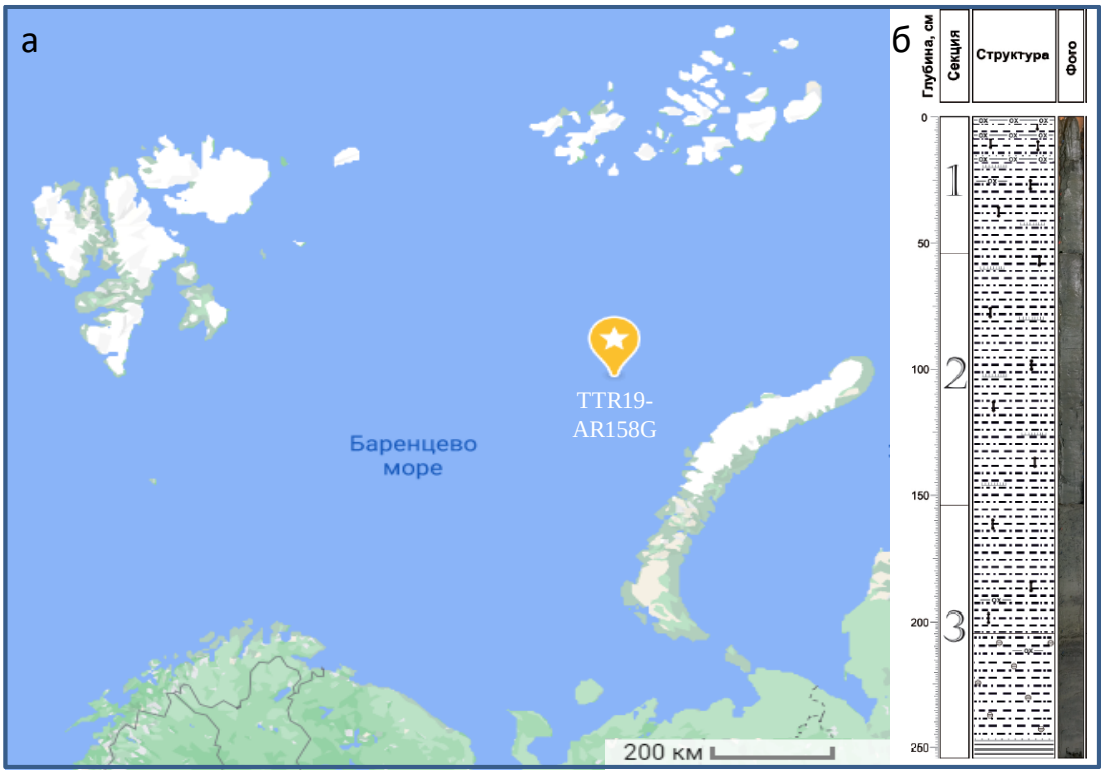


Рис 1. (а) Район исследований, (б) схема и фотография отобранной для изучения колонки TTR19-AR158G донных отложений Баренцева моря.

Отбор колонки керна донных осадков проводился с помощью гравитационного пробоотборника. Непосредственно на судне, сразу после вскрытия вкладыша гравитационной трубки, выполнялись измерения величин pH и Eh в системе «донные осадки–поровые воды» с помощью прибора Эксперт-001. Затем в интервалах замеров были отобраны образцы донных отложений для последующего анализа.

На станциях донного пробоотбора также отбирались пробы забортной поверхностной воды и придонных вод Баренцева моря. На судне в пробах воды измерялись температура, pH и Eh, проводимость, условная минерализация (по NaCl), а также щелочность. После этого пробы консервировались и направлялись в лабораторию для дальнейшего анализа.

Изучение макрокомпонентного состава поверхностных и поровых вод донных отложений выполнялось в гидрогеохимической лаборатории кафедры гидрогеологии геологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова. Схема исследований представлена на рис. 2.

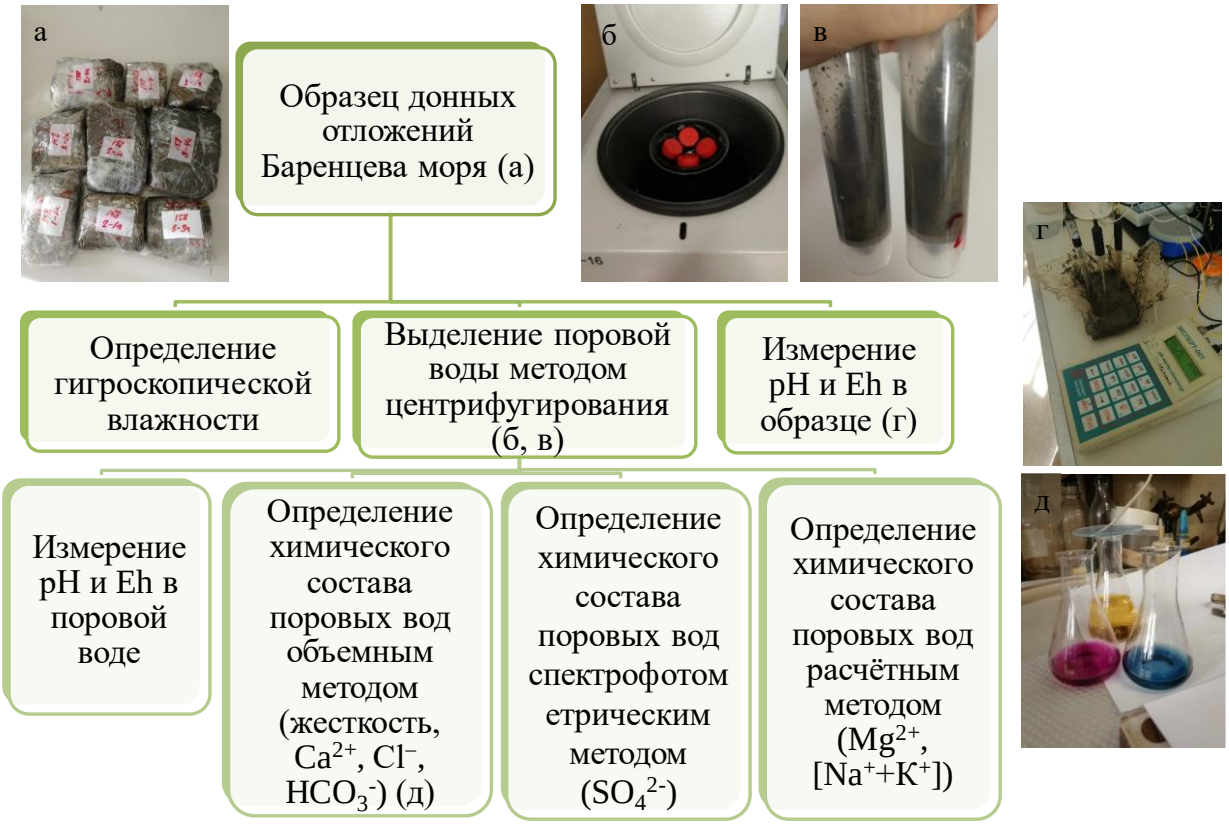


Рис 2. Схема исследований химического состава поровых вод донных отложений Баренцева моря.

Результаты

Величины pH и Eh, измеренные в образцах донных осадков на судне изменяются от 7.61 до 7.89 (в среднем составляя 7.74) и от -64 до -135 мВ (в среднем -97 мВ) соответственно (рис. 3а). Полученные значения в большинстве случаев отличаются от величин pH и Eh, измеренных для выделенных поровых вод, отжатых из образцов, которые составляют от 6.67 до 7.91 (в среднем 7.60) и от 22 до 270 мВ (в среднем 176 мВ). Полученные различия связаны с тем, что при выделении поровых вод происходит нарушение состояния системы «поровые воды-донные осадки» за счет различных физико-химических процессов (смещение карбонатного равновесия в иловой воде, дегазации образца, поступления кислорода воздуха и последующее окисление компонентов в восстановительной форме, и пр.). Мы считаем, что для характеристики состояния системы «донные осадки-поровые воды» более доверительными

значения величин pH и Eh являются измеренные в донных осадках, а не в выделенных поровых растворах.

Параметры pH и Eh также были измерены для поверхностных и придонных вод Баренцева моря в лаборатории. Для поверхностной воды эти величины в районе исследования составляют 7.33 и 243 мВ соответственно. В свою очередь в придонной воде они равны 7.65 и 208 мВ. Примечательно, что значение pH, измеренное в поровых водах, отжатых из верхней секции исследуемой колонки донных осадков также 7.65. Непосредственно на судне измерялись только значения pH в поверхностных и придонных водах. Так, в поверхностных водах pH составил 8.40, а в придонных 8.24.

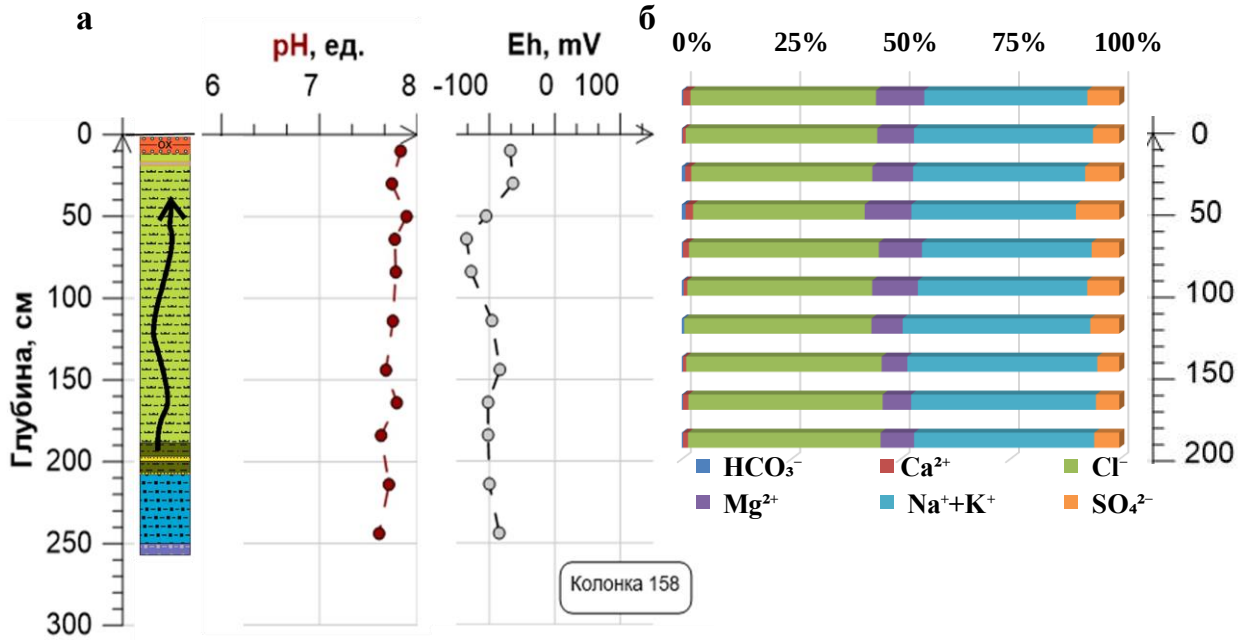


Рис 3. Результаты измерений величин pH, Eh и макрокомпонентного состава поверхностной, придонной и поровой воды рассматриваемой колонки TTR19-AR158G донных осадков Баренцева моря.

Минерализация исследованных вод в среднем составляет 33 г/л и слабо меняется с глубиной. В составе как поверхностных, так и поровых вод преобладают ионы натрия, хлора и магния (рис. 3а).

Содержание хлор-иона слабо изменяется с глубиной, однако отмечается снижение содержания магния (рис. 3б).

Содержание сульфат-иона с глубиной колонки донных отложений практически не меняется. Получается, что, не смотря на восстановительные условия среды в системе «поровые воды – донные отложения», в рассматриваемой колонке отсутствуют или незначительно развиты процессы сульфат редукции. Полученные результаты согласуются с исследованиями Ю.Н. Гурского (Гурский, 2007), не обнаружившего сульфат редукцию в донных отложениях Баренцева моря в северо-западной части от Кольского полуострова.

Все исследованные пробы согласно классификация В.А. Сулина (Сулин, 1948) могут быть отнесены к хлоридно-магниевому типу ($rNa^+/rCl^- < 1$, $(rCl^- - rNa^+)/rMg^{2+} < 1$) и имеют морской генезис. Получается, что макрокомпонентный состав поровых вод близок к составу поверхностной воды Баренцева моря и составу нормальной воды океана, а каких-либо изменений в составе макро-ионов в результате разгрузки глубинных флюидов не выявлено. Возможно в дальнейшем изучение микроэлементного, газового и изотопного состава поровых вод поможет обнаружить следы влияния разгрузки «газового факела» в районе исследования.

Заключение

В результате экспериментальных исследований удалось проследить изменение величин pH, Eh и содержания основных макрокомпонентов с глубиной в системе «поверхностная вода – придонная вода – поровые воды». Значения pH в среднем составляют 7.74 и немного снижаются с глубиной колонки донных осадков. Величина Eh изменяется от окислительного значения в поверхностной воде до восстановительных величин в поровых водах донных осадков. Макрокомпонентный состав поровых вод в целом слабо изменяется с глубиной колонки донных отложений и близок к составу поверхностной воде Баренцева моря. Нами установлен хлоридно-магниевый тип поровых вод по В.А. Сулину, что говорит о морском генезисе исследуемых вод. В ходе работы не выявлено влияние разгрузки «газового факела» на макрокомпонентый состав поровых вод донных отложений рассматриваемой колонки донных осадков.

Литература

Гурский Ю. Н. Геохимия литогидросферы внутренних морей. Иловые воды Красного и Средизмного морей. Зоны эстуариев. Закономерности формирования и классификация вод литогидросферы. Москва: ГЕОС. – 2007, – С. 449.

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.

Сулин В. А. Условия образования, основы классификации и состав природных вод, в частности воды нефтяных месторождений. Ленинград: Изд-во Академии наук СССР. –1948. – С. 107.

ИЗМЕРЕНИЕ ВЕЛИЧИН pH И Eh ПРИ ДИАГЕНЕЗЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ ШЕЛЬФА БАРЕНЦЕВА МОРЯ В РАЙОНЕ ВОСТОЧНО-БАРЕНЦЕВОМОРСКОЙ ВПАДИНЫ И ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЖЕЛОБА СЕДОВА.

Барковский Макар Дмитриевич[1], Даниленко Анна Сергеевна[1], Казак Екатерина Сергеевна[1], Шиндина Наталья Евгеньевна[2], Ахманов Григорий Георгиевич[2]
[1] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Введение

Состояние элементов с переменной валентностью в донных отложениях и поровых водах определяются окислительно-востановительными и щелочно-кислотными условиями. От них зависит минералогический состав пород и способность тех или иных элементов к миграции, как следствие интенсивность и характер диагенетических изменений [Appelo и Postma, 2005]. Поэтому изучение окислительно-восстановительных и щелочно-кислотных равновесий является чрезвычайно важно для изучения системы «донные отложения-поровые воды».

Характеристикой окислительно-восстановительного состояния среды является величина окислительно-восстановитльного потенциала (Eh), а состояние щелочно-кислотных равновесий характеризует величина pH. Eh служит показателем окислительно-восстановительных состояний минеральных и органических составных частей изучаемой среды, при этом Eh сложной системы «донные отложения-поровые воды» есть результат взаимодействия всех присутствующих окислителей и восстановителей. Потенциал Eh любого раствора неразрывно связан с его pH, поэтому изменение Eh должны дополняться измерениям pH. Влияние pH на Eh раствора заключается в различном изменении устойчивости окисленных и восстановленных форм ионов, образующих обратимые окислительно-восстановительные системы при изменении pH, а именно щелочно-кислотные равновесия связаны с окислительно-восстановительными через гидролиз ионов. Так при увеличении pH потенциалы многих систем уменьшаются быстрее, чем потенциал кислорода, процессы окисления многих веществ в щелочной среде протекают легче и энергичнее, чем в кислой.

Важно отметить, что измерение величин pH и Eh для получения надежных данных должно проводиться сразу после отбора проб влажных осадков [Гурский, 2003], в противном случае полученные значения нельзя считать достоверными.

Целью данной работы было экспериментальное изучение изменения величин pH и Eh системы «поровые воды – донные осадки» в районе восточно-баренцевоморской впадины и восточной части желоба Седова в рамках экспедиции Международного проекта TTR19, проходившей в восточной части Баренцева моря.

Материал и методы исследования

Отбор проб донных отложений производился с научно-исследовательского судна «Академик Страхов» в рамках экспедиция TTR19 в период с 17 июля по 18 августа 2020 года с помощью прямоточной гравитационной стальной трубы наружным диаметром 127 мм с пластиковым вкладышем с внутренним диаметром 100 мм. Используются труба длинной 4 метра, весом 700 кг.

После того как труба вошла в грунт и был зафиксирован ее отрыв от грунта, из трубы извлекается керн. Извлеченный и распиленный на две равные половинки керн секциями длиной по 1 метру переносится в лаборатории для проведения измерений и отбора проб.

Далее производится измерение pH (±0.02 ед.) и Eh (±12 мВ) в донных осадках на приборе Эксперт-001 с тремя стеклянными электродами (*Рис* 1). Время установления потенциала на стеклянном и платиновом электроде в среднем составляло 5 мин для каждой пробы. Всего было исследовано 278 образцов.

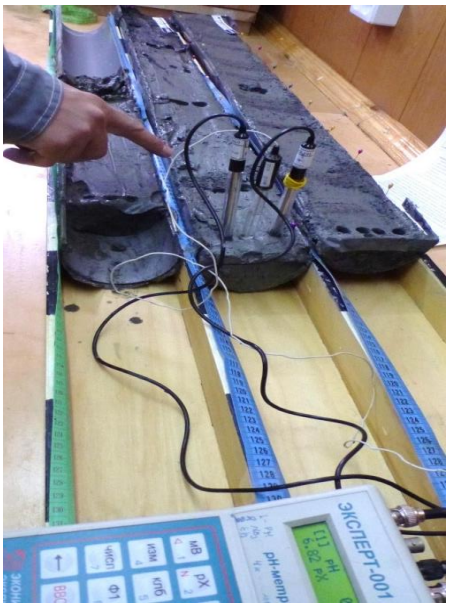


Рис 1. Проведение изменений pH и Eh в донных отложениях Баренцева моря

Результаты и их обсуждение

Во время экспедиции были выделены 4 характерных литотипа донных осадков для исследуемого района работ. Каждый из выделенных литотипов обладает характерными литологическими, геохимическими и гидрогеологическими свойствами. Литотипы исследованных донных осадков и их краткое описание представлены на рисунке 2.



Рис 2. Литотипы донных отложений Баренцева моря

Измеренные значения pH и Eh для поверхностных вод изменяются от 8.16 до.8.48

Чтобы провести корреляцию гидрогеохимических свойств с литологическими и геохимическими было произведено сравнение pH и Eh по литотипам. Результаты измерения величин pH и Eh представлены на рисунке 3 с разделением по выделенным литотипам донных осадков. Какой-либо линейной зависимости pH от Eh не установлено.

Для образцов литотипа 1 значения pH меняются от 6.93 до 8.06 (рис. 2). Значения Eh для всех образцов положительные и изменяются от 5 до 185 мВ. Окислительные значения Eh могут быть связаны здесь с повышенными концентрациями кислорода в верхней части колонок (до 4 мг/л) [TTR19, 2020]. Для литотипа 2 значения pH в основном ложатся в диапазон от 7.03 до 8.47. Значения Eh восстановительные и изменяются от 0 до -180 мВ. Для литотипа 3 значения pH изменяются от 7.03 до 7.86. Значения Eh на всем участке работ также восстановительные (от -20 до -90 мВ). В ледниково-морских отложениях значения pH изменяются от 6.65 до 8.96. Значения Eh на всем участке работ восстановительные изменяются от -5 до -100 мВ и находятся в восстановительной области. В ледниковых отложениях значения pH изменяются от 6.48 до 9.14. Значения Eh на всем участке работ изменяются от -5 до -180 мВ.

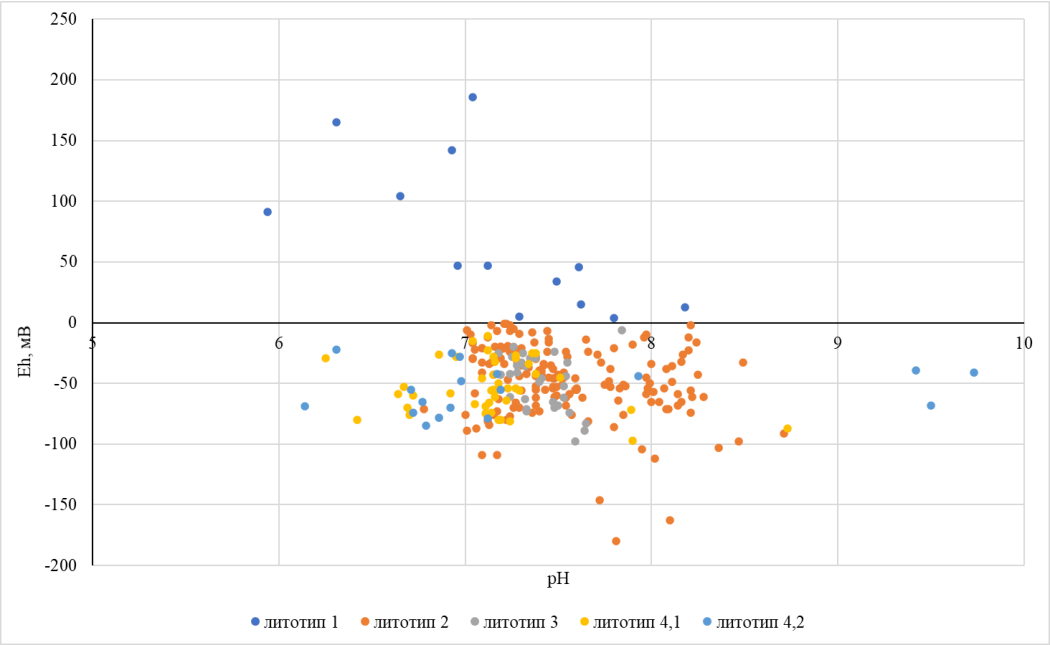


Рис 3. График зависимости значений pH от Eh для различных литотипов донных осадков (литотип 1- окисленный слой, литотип 2- алевритовые глины, литотип 3- пески, литотип 4.1-ледниково морские отложения, литотип 4.2-ледниковые отложения)

Получается, что для всех литотипов кроме литотипа 1 значения pH и Eh достаточно схожи и представляют собой облако точек (рис.3).

Значения pH практически не изменяются с глубиной во всех колонках. Значения Eh меняются от положительных до отрицательных в первых 10-15 сантиметрах колонки (окисленном слое) далее значения остаются практически неизменными с увеличением глубины.

Измеренные нами данные соотносятся с результатами, полученными Ю.Н. Гурским (Гурский, 2003) для значений pH и Eh в поровых вод Баренцева моря. По его измерениям pH в поровых водах варьирует от 6.35 до 8.93 и увеличивается с глубиной колонки донных осадков, а Eh – +150 до -300 мВ.

Заключение

На основание проведенных измерений можно сказать, что в процессе диагенеза в донных осадках Баренцева моря сформировались слабощелочные и около нейтральные воды с восстановительной средой, за исключением самых верхних окисленных слоев, где наблюдаются окислительные условия. Значения pH достаточно однородны по разрезу и в основном лежат в промежутке от 6.97 до 9.14, Значения Eh везде кроме окисленного слоя так же достаточно однородны и ложатся в промежуток от -5 до - 180. В окисленном слое от 5 до 100.

Список литературы

Ю. Н. Гурский. Геохимия литогидросферы внутренних морей. Том 1. 2003. С. 267-271.

Appelo C. A. J., Postma D., Geochemistry, groundwater and pollution, London, A.A. Balkema Publishers, 2005, с. 649.

TTR19 report, Комплексные исследования в верхней части чехла северо-восточной акватории Баренцева моря. Геологический факультет. МГУ 2020

Подводное культурное наследие

Устные доклады

UNDERWATER ARCHAEOLOGY OF CYPRUS ISLAND: HISTORY AND METHODOLOGY OF SURVEYS

Atesh M. A.
Russian State University for Humanities, Faculty of History of Arts

Abstract: Underwater archaeological works and surveys on Cyprus island have started in 1967. Documentation and survey of Cyprus' underwater started with advanced underwater archaeological technologies of the time in 1960s, magnetometers, metal detectors were employed and the system of stereo recording was applied, stereo-mapping was made and stereo plotting instruments were used. The use of advanced technology came to a halt until mid-2000s; until sidescan sonar was deployed for surveying the deeper waters south of Paphos for shipwrecks in 2006, and a multibeam sonar was used for the three-dimensional survey of the bottom of Episkopi Bay. At present, besides the afore mentioned technologies, contemporary techniques and methodologies such as implementation of digital photogrammetry, three-dimensional modelling for documentation are applied as well as the traditional trench excavations, plotting, drilling, swim-line surveys, diver-deployed non-intrusive surveys and manual recording as drawing underwater and mapping the site with trilateration and triangulation.

Keywords: Cyprus underwater archaeology, underwater survey technologies, underwater survey methods, underwater archaeological documentation.

This study aims to present the survey and documentation techniques applied for studying the underwater archaeological sites and objects in Cyprus. Documentation and survey of archaeological sites, both underwater and terrestrial, have gone through an evident and clear change in the last two decades. Starting from 1967, advanced and methodologically developed techniques, as well as traditional techniques and methodologies, started to be employed in Cyprus underwater archaeology; magnetometers, metal detectors, direct measurement of the items, trenches, trilateration, aerial surveys, photogrammetry, 3D surveys and 3D mapping techniques through software.

Cyprus came to the forefront in remote sensing technology for underwater archaeology during the early stages of its development in the late 1960s, when echo sounders were being improved, sidescan sonar was being developed substantially, and the first sub-bottom profilers, submersible metal detectors and magnetometers were being designed.

Archaeologists G.F. Bass and M.L. Katzev of the University Museum, along with pioneering researchers E.T. Hall and J.N. Green of the Research Laboratory for Archaeology and the History of Art at Oxford, brought their early and remarkably successful experiments first to Cape Andreas and later to the early Hellenistic shipwreck near Kyrenia. Since this initial effort in the late 1960s and early 1970s, the history of underwater survey off Cyprus has largely taken the form of intensive diving investigation of shallow sites near shore, and particularly at important harbors and anchorages like those at Paphos and Amathous.

In 1967, the preliminary survey of Kyrenia shipwreck, dating back to circa 325-315 BC, was performed deploying a magnetometer to indicate the broad distribution of ferrous metal. The metal detector was subsequently used for a more precise location of both ferrous and non-ferrous metals' and the probe survey with the help of a thin metal rod for determining the extent of the buried wreck. In 1968, more than 300 amphorae were cleared from the upper levels, and cargo of stone grain mills beneath them were found. In 1969 underwater works, system of stereo recording was applied, stereo-mapping was made and stereo plotting instruments were used as well as plotting with a system of pointing rods for determining the planar and depth measurements.

Among the most influential early diving surveys off the island, was the investigations of Cape Andreas by Jeremy Green, of Oxford's Research Laboratory for Archaeology. A number of important shipwrecks and other sites off the dangerous promontory at Cyprus' northeast tip in 1969 and 1970 were located. During the expedition, land survey was performed as well as the hydrographic survey Using a Ferrograph 'Offshore' 500 Echo-Sounder placed on a fishing boat a straightforward method of determining and plotting underwater depth contours. While a theodolite and sextant were positioned on predetermined station points T and S straight-line runs were made with the echo-sounder from the 50 metre to 10 metre contour points. Thus the position of the 50 metre contour was established, and when transferred to the map the intersection gave the 50 metre contour. Three-tape trilateration, distance/angle measurement, using an underwater theodolite, and distance/angle measurement, using a compass methods were used for underwater surveying, as well as diver deployed search. Three methods were used for recording the archaeological data: photomosaics for large wreck-sites; small site plan work using a grid frame; phototriangulation for plotting several site plans onto an overall plan.

After the onset of underwater archaeology on the island, utilisation of advanced technological equipment was paused for about 35 years until 2006. The underwater surveys and documentation of Cape Kiti, Amathus harbour, anchorage at Dhrousha-Kioni, Maroni Tsaroukkas Seabed, Paphos harbour, Akrotiri Dreamers Bay (2004-2005), a neolithic site Akamas-*Aspros*, Maritime Heritage Assessment Survey along the Karpaz Peninsula, Underwater cultural heritage of Akanthou were all performed using methods such as diver deployed surveys, trilateration, grid systems, etc. and documenting the sites by drawing, and photogrammetry.

In May 2005 Duncan Howitt-Marshall's team from Southampton University's Centre for Maritime Archaeology (CMA), started to reinvestigate Paphos as part of the Western Cyprus Underwater Survey. The expedition started as a diver deployed survey, and extended its focus to include survey for shipwrecks in deeper waters south of Paphos. The project deployed sidescan sonar over depths from 50 to 200m from the research vessel Alexia II. Within the scope of the project, in Episkopi Bay Survey a multibeam sonar was used for the three-dimensional survey of the bottom. After the anomalies were interpreted by the team the next season in 2006, these anomalies were checked by divers where applicable and by ROV beyond of the divers' reach.

Also, a sidescan sonar was used in 2006 at flat, sandy seabed of about 50 metres deep, near Amathous within the scope of Eastern Cyprus Maritime Survey, run by Justin Leidwanger, INA Research Associate. In 2007 sidescan sonar was used for surveying Cape Greco and wreck remains were discovered. Scattered remains of a shipwreck in Cape Greco, giving significant insights into the long-distance and regional commercial connections of this quiet Roman province, were later surveyed through the underwater diving. Mapping of the surface remains was completed to determine the extent of the site.

Significant progress in mapping and documentation was made during the investigations of Mazotos shipwreck in Paralimni region (found by divers in 2006 in 45 meters); the ongoing project since 2007, under the organization of Dr. Stella Demestica and Prof. Demetrios Michaelides. The commercial ship is dated back to 4th century. The mapping and documentation of the site were performed using photogrammetry as well as conventional architectural mapping methods. The main objective was to create a three-dimensional model of the site which could be updated dynamically according to the progress in the archaeological excavation.

After the initial investigations of Maroni Tsaroukkas in 1960's, where spatial resolution of the anchors and other material remains was highly problematic due to the limited, existing technology,

the underwater site was once again visited and investigated in 2017. After setting up a grid system, two different survey methods were implemented: 1. traditional underwater survey in which divers swam in transects and recorded remains with a measuring tape in a known grid system; 2. a camera system attached to an underwater scooter that took photographs of the seabed to be used in photogrammetry. The camera in underwater housing was connected to a microcomputer that recorded metadata for each photograph in the transect, such as the spatial positioning of the unit in the water and overall GPS coordinates. Using these two methods, the team recorded a part of the anchorage.

A more recent survey on Akrotiri Dreamer's Bay underwater was run in 2018, directed by staff from the University of Southampton, Centre for Maritime Archaeology, as part of the Ancient Akrotiri Project, an ongoing collaborative research project on the peninsula conducted since 2015 and led by the University of Leicester. The objective was to investigate the submerged ancient breakwater currently located some 90m offshore extending over a distance of 135m, and to record the it through the implementation of underwater photogrammetry, in order to create a three-dimensional (3D) model of the breakwater and surrounding seafloor. Also, an Underwater and Coastal Geological Survey was conducted including geomorphological analysis of the coastline, identification of the geological formations, underwater core sampling, and seabed morphology analysis in order to paleogeographic reconstruction of the area in terms of landscape evolution, sea-level change, coastal erosion rate and absolute dating of the site.

In 2014 and 2017, Nissia Shipwreck, resting at the depth of 28 metres at Paralimni region, was surveyed and excavated under the supervision of The MARELab of the University of Cyprus, in collaboration with the Department of Antiquities of Cyprus. It is revealed to be a Late Ottoman Ship and is dated back to 1800s, Late Ottoman period. The site was documented using photogrammetry methods, under the direction of Dr. Demetrios Skarlatos (Department of Civil Engineering and Geomatics, Cyprus University of Technology, Limassol). A high resolution photomosaic of the site was created and the trench was mapped and documented. The production of a 3D model of the site is currently in progress, which will also record how the excavation evolved. The site also sets example for in situ preservation, public archaeology and student training.

REFERENCES

Balletti, C., Beltrame, C., Costa, E., Guerra, F., Vernier, P., 2015. Underwater photogrammetry and 3D reconstruction of marble cargos shipwreck. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5/W5, pp. 7-13.

Bass, G.F. and Katzev, M.L. 1968. New Tools for Underwater Archaeology. Archaeology 21, 164-173.

Demesticha S., Gone with the waves: scattered Roman amphorae in shallow waters around Cape Kiti, Cyprus. Per Terram, Per Mare: Seaborne Trade and the Distribution of Roman Amphorae in the Eastern and Central Mediterranean. Uppsala: Åström Editions, pp. 55-76.

https://www.academia.edu/18970363/Demesticha_S._2015_._Gone_with_the_waves_scattered_Roman_amphorae_in_shallow_waters_around_Cape_Kiti_Cyprus._In_S._Demesticha_Ed._Per_Terram_Per_Mare_Seaborne_Trade_and_the_Distribution_of_Roman_Amphorae_in_the_Eastern_and_Central_Mediterranean_pp._55-76_._Uppsala_%C3%85str%C3%B6m_Editions

Empereur J., Verlinden C., The underwater excavation at the Ancient port of Amathus in Cyprus, The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration (1987), 16.1: 7-18.

Excavations at Akamas-Aspros, Annual Report of the Department of Antiquities for the Year 2007, pp:51-52.

http://www.mcw.gov.cy/mcw/da/da.nsf/All/7C98CC58D9C39307422577BB0023ED99/$file/Annual%20Report%202007.pdf

Fulton C., Accurately Surveying the Anchorage at Maroni-Tsaroukkas, Cyprus – 2017, https://honorfrostfoundation.org/2017/01/01/maroni-tsaroukkas-cyprus/, 04,10.2020

Green J.N., Cape Andreas Expdition 1969, The Research Laboratory for Archaeology, Report-Department of Maritime Archaeology, Western Australian Museum, No. 270., p.9. http://museum.wa.gov.au/maritime-archaeology-db/sites/default/files/no._270_cape_andreas_expedition_1969_0.pdf

Green J.N., Hall E.T., Katzev M.L., Survey of A Greek Shipwreck off Kyrenia, Cyprus.

http://museum.wa.gov.au/maritime-archaeology-db/sites/default/files/no._234_kyrenia_1967_0.pdf

Hall, E.T. 1966. The Use of the Proton Magnetometer in Underwater Archaeology. Archaeometry 9, 32-44.

Harpster M., The 2008 Maritime Heritage Assessment Survey along the Karpaz Peninsula, Cyprus, The International Journal of Nautical Archaeology (2010) 39.2: 295–309, p.295-296.

doi: 10.1111/j.1095-9270.2009.00231.x

Hohlfelder, R.L. 1995. Ancient Paphos Beneath the Sea: A Survey of the Submerged Structures, in Karageorghis, V. and Michaelides, D. (eds.) Cyprus and the Sea. Nicosia: University of Cyprus, 191-210.

Klein, M. 2002. Side Scan Sonar, in Ruppé, C.V. and Barstad, J.F. (eds.) International Handbook of Underwater Archaeology. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 667-678.

KYRENIA 1969,

http://www.penn.museum/documents/publications/expedition/pdfs/12-4/kyrenia.pdf

Leidwanger J., Howitt-Marshall D.S., 3 Archaeological applications for remote sensing in the coastal waters of Cyprus: the experience of recent fieldwork and methodology for the future, Island Dialogues, Cyprus in the Mediterranean Network, Postgraduate Cypriot Archaeology Conference 2006, Edinburg, 2008. pp. 15-33.

https://www.academia.edu/9951954/Archaeological_Applications_for_Remote_Sensing_in_the_Coastal_Waters_of_Cyprus_The_Experience_of_Recent_Fieldwork_and_Methodology_for_the_Future, 05.10.2020

Leonard, J.R. and Hohlfelder, R.L. 1993. Paphos Harbour, Past and Present: The 1991-1993 Underwater Survey. Report of the Department of Antiquities Cyprus, 365-379.

Survey of Akrotiri-Dreamer's Bay, Annual Report of the Department of Antiquities for the Year 2006, pp: 96-99, p. 97

http://www.mcw.gov.cy/mcw/da/da.nsf/All/F27BFBDE482FCC8EC22577B90025C2C2/$file/Annual%20Report%202006.pdf

The Mazotos Shipwreck, Cyprus, Annual Report of the Department of Antiquities for the Year 2008, p.76-77, p. 76.

http://www.mcw.gov.cy/mcw/da/da.nsf/All/20121C8896BED5F5422577BB0023F204/$file/Annual%20Report%202008.pdf

https://honorfrostfoundation.org/2019/01/01/akanthou-cyprus/

ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ: ПРОБЛЕМЫ И НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ.

Горлов Иван Олегович[1], к.х.н. с.н.с Статкус Михаил Александрович[2].

1. ООО «Центр морских исследований МГУ им. М.В. Ломоносова», Москва

2. МГУ имени М.В. Ломоносова, Химический факультет, Кафедра аналитической химии, Москва

Атрибуция керамических изделий на основании особенностей их химического состава становится все более результативной и востребованной при проведении археологических исследований. Особую актуальность данный вид археометрических исследований приобретает в подводной археологии. Уверенная атрибуция фрагментированной керамики из мест кораблекрушений и якорных стоянок позволила бы значительно расширить знания о торговых маршрутах и особенностях экономики древнего мира.

Несмотря на успехи науки в данном направлении, проведение подобных анализов и трактовка их результатов сопряжены со значительным количеством трудностей. В их числе, с одной стороны, есть методические трудности - отсутствие стандартных подходов к интерпретации, преобладание статистических методов анализа и интерпретации над аналитическими С другой стороны, есть и проблемы, связанные с природой образцов: изменение химического состава образца с момента его изготовления за время нахождения в окружающей среде и вариациив протекании этих процессов в различных средах.

Последняя проблема встает особенно остро при использовании данных элементного анализа образцов, найденных на суше, для атрибуции подводно-археологической керамики.

Вопросу изменений химического и минералогического состава керамических изделий, происходящих под воздействием морской среды, посвящено достаточно ограниченное количество работ [Schwedt, Mommsen, and Zacharias 2004]. Тем не менее, на сегодняшний день показано, что масштаб изменений керамического материала находится в зависимости от исходного сырья, температуры обжига и условий депонирования, которые в свою очередь влияют на характеристики пористости, площади контактирующей со средой поверхности и протекание процессов трансформации минералов, входящих в исходное сырье [Secco et al., 2011]. В определении происхождения “сухопутной” керамики широко используются минералогические подходы. Прямой перенос этого инструментария на подводные объекты затруднен в силу изменений, связанных с замещением элементов в минералах, их миграцией - как внутри образца, так и между образцом и средой, что приводит к трансформации минералов, находящихся в составе глиняного теста из подводных условий. Для подходов, основанных на анализе элементного состава, проблема изменений, которые может претерпевать образец в зависимости от условий и длительности пребывания в морской воде – так называемая проблема post-deposition alteration (PDA) - носит менее принципиальных характер, но она все равно не позволяет говорить о корректном сравнении сухопутных и морских образцов.

В литературе показано также, что нахождение керамики в морской среде приводит к накоплению в составе образцов хлоридов, и продуктов сульфатредукции, что напрямую связано с сорбционными свойствами керамических изделий, обусловленными пористостью и большой площадью контактной поверхности [Zornoza-Indart A. et al., 2011]. Изменения химического состава могут происходить также в процессе взаимодействия уже сорбированных керамикой веществ и веществ, проникающих в образец из окружающих изделие предметов из археологического комплекса [Du J. et al., 2019].

Атрибуция “подводной” керамики с применением элементного анализа требует знания о закономерностях изменений элементного состава и миграции элементов внутри образца, а также обмене элементами между средой и образцом. Эти закономерности необходимо учитывать при сравнении состава сухопутных и подводных образцов.

Для корректного использования подхода атрибуции керамики на основе ее элементного состава для образцов, депонированных в подводной среде, предстоит ответить на ряд вопросов:

- Какие элементы и в каких количествах мигрируют, как внутри образца, так и между образом и окружающей средой?
- Какова специфика характера миграции в восстановительных и окислительных морских условиях?
- Как влияет происходящее при этом изменение элементного состава на возможность идентификации керамики по литохимическим соотношениям?
- Можно ли изменение элементного состава учесть в постобработке результатов перед их интерпретацией или нет?

В литературе приведено немного примеров целенаправленного изучения проблемы post deposition alteration для морских образцов керамики.

В экспериментальной работе [H. Bearat and Y. Nouet 1992] авторы изготавливали брикеты из обожженной глины, затем часть образцов размалывали в порошок и помещали образцы на длительное время (от 2 месяцев до 6 лет) в емкости с морской водой в лабораторных условиях. По окончании срока выдерживания проводили химический анализ. Наблюдали изменение концентраций Ca, Mg и Sr. Получены зависимости изменения состава по этим элементам от длительности выдерживания, а также условий обжига керамики.

В работе [Secco et al. 2011] изучали минералогические изменения в образцах римской керамики, найденной в лагунах и каналах. Изменение химического состава не оценивали. При сопоставлении концентраций минералов железа в различных по глубине от поверхности точках образца, установлено, что происходит постепенное замещение гематита пиритом, а пирита – ярозитом. Авторами предложена сложная геохимическая модель для объяснения наблюдаемых минералогических изменений.

В работе [Schwedt, Mommsen, and Zacharias 2004] определяли элементный состав образцов в различных по глубине от поверхности точках – с целью получения данных о PDA. Исследовали античную греческую керамику «сухопутного» происхождения с помощью нейтронно-активационного анализа. Для большинства образцов анализ проводили в двух точках – возле поверхности и в середине образца, рассчитывали относительное изменение концентрации по каждому из определяемых элементов. Наибольшие отличия в концентрациях наблюдали для кальция и щелочных металлов. Для остальных элементов четких тенденций установить не удалось.

Авторы [Giuseppe, Montana et al. 2014] проводили экспериментальное изучение PDA керамических образцов в морских условиях. Образцы в виде брикетов после обжига помещали в специальные держатели и устанавливали под водой у побережья Сицилии. Осуществляли мониторинг основных характеристик морской воды (температура, соленость, pH, концентрация растворенного кислорода и т.п.). Часть образцов была также помещена в лабораторную установку с морской водой. Длительность экспозиции образцов составила 3

месяца. Определяли элементный и минералогический состав образцов. Наблюдали увеличение концентрации натрия и снижение концентрации железа в образцах. По остальным элементам изменения не носили ярко выраженного характера.

Материалы и методы.

В работе [Schwedt, Mommsen, and Zacharias 2004] авторы отмечают, что для исследования PDA керамики известно три принципиально отличающихся подхода:

1. Сопоставление химического и минералогического состава образцов, предположительно одного происхождения, но находившихся в различных условиях. Такой подход прост, но опирается на труднодоказуемое предположение об идентичности исходных образцов.

2. Проведение экспериментов по PDA современных, специально изготовленных образцов. Идентичные образцы помещают в определенную среду с контролируемыми параметрами на длительное время. Устройство для проведения таких экспериментов может представлять собой как лабораторную емкость, так и небольшую частично изолированную область естественной среды. Такой подход позволяет изучать проблему PDA в контролируемых условиях, но при этом очевидна невозможность проведения достаточно длительных экспериментов.

3. Изучение профилей концентрации элементов (а также минералов, молекул, ионов и т.д.) по глубине образца. Профиль может быть, как «непрерывным» (то есть состоящим из большого числа отдельных измерений), так и дискретным, построенным на небольшом числе измерений. Такой подход избавляет от необходимости подбирать близкие образцы для сопоставления – так как «сопоставление» фактически проходит между участками одного и того же образца. Однако, подход опирается на предположение о первоначальной однородности образца, а также на предположение о равномерном «диффузионном» распространении изменений в образце от поверхности к сердцевине. Дополнительная сложность подхода связана с необходимостью привлечения методов локального химического (минералогического) анализа. Авторы [Schwedt, Mommsen, and Zacharias 2004] отмечают, что опубликованных работ в этом направлении очень немного.

В нашей работе мы планируем в основном опираться на третий подход – получение профилей концентраций элементов по глубине образца, а также на первый подход - сопоставление состава близких по своему происхождению образцов, находившихся в различных условиях.

Для проведения работы нами было отобрано 6 групп образцов археологической керамики, объединенных по месту предполагаемого происхождения, атрибутированного по морфологическим признакам и стратиграфии слоя обнаружения. Каждая группа представлена однотипными находками и поделена на две подгруппы - подводную и сухопутную. Основная часть подводных образцов имеет изменения цвета теста, вызванное нахождением в морских восстановительных условиях.

Изучение профилей распределения элементов будет проводиться с применением метода микрорентгенофлуоресцентного анализа (микроРФА). Доступный для этой работы прибор Brucker M4 Tornado для микроРФА позволяет получать количественную информацию о концентрации химических элементов в образце. Диапазон определяемых элементов – от натрия до урана. Особенность этого прибора – возможность работать с протяженными образцами (примерно 15*15 см), производить картирование концентраций элементов как по площади, так и по заданной линейной траектории. Размер одного «пикселя» получаемой картины распределения концентраций составляет 20-30 мкм.

По своим возможностям микроРФА занимает промежуточное положение между классическим РФА для валового анализа и электронным микрозондом. Нижняя граница определяемых содержаний элементов меньше для микроРФА, чем для микрозонда, нет необходимости в специальной подготовке образца. Пространственное разрешение выше у микрозонда, чем у микроРФА. Воспроизводимость результатов выше у классического РФА [Zornoza-Indart A. et al., 2011].

Одной из ключевых особенностей нашей работы является использование поперечных спилов керамических образцов для получения “непрерывных” профилей распределения элемента по всей толщине спила. Для повышения информативности, в качестве образцов на первом этапе выбирали относительно “толстые” ручки амфор. Образец толщиной не менее 12 мм разрезали на поперечные спилы толщиной от 2 до 7 мм.

Распиловка образца производили алмазным диском для мокрого реза с абразивным слоем на металлической связке, с постоянной подачей смазывающе-охлаждающей жидкости (деионизованной воды) в зону реза. Образец закрепляли в координатном суппорте. Подачу заготовки на диск производили со скоростью 0,5-1 мм\с. Для исключения контаминации спилов материалом связки, после распиловки сопряженные поверхности спилов притирали друг к другу. Полученные образцы имеют отклонения от параллельности поверхностей спила не более 0,1 мм на 2,5-3 см, что является существенным для повышения воспроизводимости микроРФА

Предварительные результаты.

Предварительный микроРФА анализ, проведенный для спила одного из морских образцов в двух точках (возле края и возле центра спила), ожидаемо показал присутствие хлора (порядка 30% по массе) и серы (порядка 2-3% по массе) в высоких концентрациях - как в центре, так и в точке у края спила. В точке у края присутствовали также натрий (порядка 20% по массе) и магний (порядка 1% по массе), которых не наблюдали в центре спила.

Список литературы

Du J. et al. Characterization of the micro-contaminants from the inner-body of Kraak porcelain excavated from the “Nan’ao I” shipwreck, the South China Sea //Heritage Science. – 2019. – Т. 7. – №. 1. – С. 1-9.

Montana, Giuseppe, et al. "An original experimental approach to study the alteration and/or contamination of archaeological ceramics originated by seawater burial." Periodico di Mineralogia 83.1 (2014).

López-Arce P. et al. Archaeological ceramic amphorae from underwater marine environments: Influence of firing temperature on salt crystallization decay //Journal of the European Ceramic Society. – 2013. – Т. 33. – №. 10. – С. 2031-2042.

Flude S. et al. Application of benchtop micro-XRF to geological materials //Mineralogical Magazine. – 2017. – Т. 81. – №. 4. – С. 923-948.

Schwedt A., Mommsen H., Zacharias N. Post-depositional elemental alterations in pottery: Neutron activation analyses of surface and core samples //Archaeometry. – 2004. – Т. 46. – №. 1. – С. 85-101.

Zornoza-Indart A. et al. Salt weathering in desalinated and non-desalinated ceramic amphorae from underwater marine environments //Salt weathering in buildings and stone sculptures. – 2011.

О НАХОДКЕ ДЕРЕВЯННОГО СУДНА В МЕЛКОВОДНОЙ ЗОНЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Манукян Юлия Андраниковна[1,4], Мажейка Йонас[2], Ежова Елена Евгеньевна[3,4],
[2]*Институт Балтийского моря, ООО, Калининград*
[2]*Центр исследования природы, Вильнюс (Литва)*
[3] *Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург*
[4]*Русское географическое общество, Калининградское отделение*

Введение

Российская часть Юго-Восточной Балтики остается мало охваченной подводными археологическими исследованиями. Это одна из причин, почему любые региональные стратегии экономического и культурного развития и использования территориальных вод и ресурсов прибрежной зоны не принимают во внимание археологические объекты – как те, которые могли оказаться под водой в результате изменения береговой линии и уровня моря, так и остатки судов, затопленных в результате военных действий или кораблекрушений.

Ввиду растущего общественного интереса к рекреационно-туристическому использованию подводных исторических объектов, в т.ч. – в российской Южной Балтике, возникает необходимость обеспечения баланса между их охраной и возможным использованием как источника экономического роста (концепция Blue Growth, - рост экономики за счет морских ресурсов). Необходимым базисом для этого является сбор информации о подводных археологических объектах, создание БД и классификация объектов в аспекте их исторической ценности.

Подводные археологические объекты, в т.ч. затопленные суда, крайне немногочисленны в акватории юго-восточной части Балтийского моря. Документированные находки в этом регионе, в отличие от Финского залива, единичны. Первые шаги в этом направлении для территориальных вод и ИЭЗ РФ в Южной Балтике были предприняты в рамках международного проекта BalticRim #R064 (2017-2020 гг.). Было выявлено около 30 останков судов, из которых лишь два имеют возраст более 100 лет, остальные относятся к периоду второй мировой войны. О находках деревянных исторических судов любого типа для российской части Юго-Восточной Балтики в научной печати не сообщалось. О находке древнего деревянного судна в прибрежной зоне Балтийского моря в Калининградской области сообщается впервые.

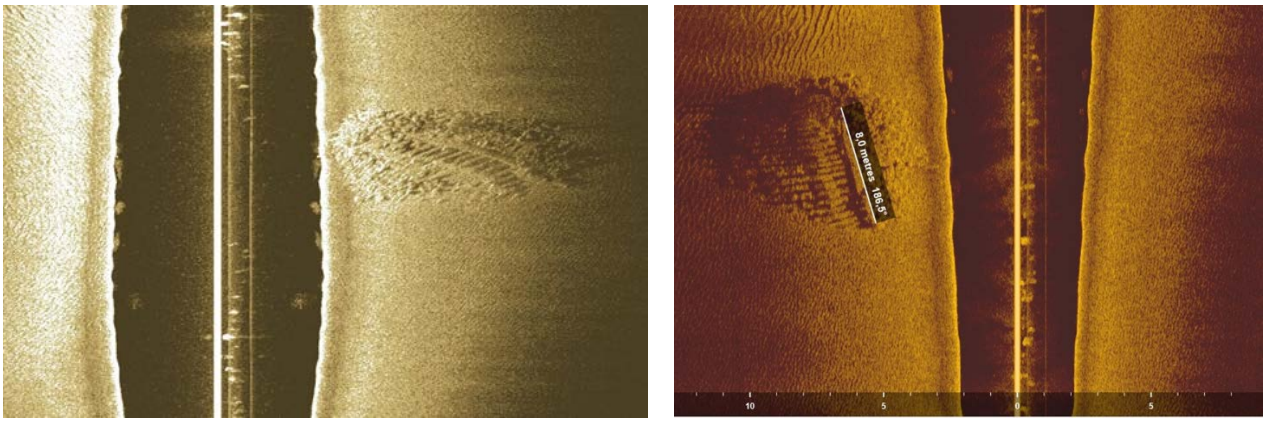
Данные и методы

Находка судна была сделана случайно в ходе проведения гидробиологических работ в августе 2019 г. при маршрутном обследовании песчаной литорали Балтийского моря. Изучали встречаемость и распространение в различных биотопах нового обитателя Балтики, инвазивной понто-каспийской гаммариды *Dikerogammarus villosus*. По нашим данным прежних лет (Minchin et al., 2019),*D.villosus* предпочитает каменистые биотопы с зарослями макрофитов на глубине 0-3 м, однако в ходе маршрутного обследования мы неоднократно обнаруживали рачка в открытой песчаной литорали вдоль Вислинской косы. Предполагая проверить гипотезу о расселении рачка из польских вод в российские с плавающими матами макрофитов, отобрали пробы *Cladophora spp.*из хорошо видимого в прозрачной воде крупного придонного скопления нитчатых водорослей на глубине 4,0-5,0 м.

При отборе биопроб выяснилось, что эфемерные, быстрорастущие нитчатки *Cladophora spp.* не являются неприкрепленным скоплением, а произрастают на твердом субстрате, который при ближайшем рассмотрении оказался остатками корпуса деревянного судна.
Дальнейшее обследование рэка выполняли водолазным методом. Сонограмма получена посредством эхолота-навигатора Lowrance HDS 12. Датировка фрагмента древесины выполнена в лаборатории ядерной геофизики и радиоэкологии Государственного исследовательского института «Центр исследования Природы» (Вильнюс, Литва). Использовали программный пакет OxCal 4.2 для калибровки радиоуглеродных данных (Bronk Ramsey C., 2013). Калибровочная кривая построена в программе IntCal2013. Метод определения ^{14}C: жидкостной сцинтилляционный.

Результаты и обсуждение

Водолазное обследование показало: в прибрежной зоне Балтийского моря вблизи Вислинской косы на глубине около 5 м, на размытой штормами валунной гряде, находятся остатки корпуса деревянного судна, часть которого покрыта песчаными осадками. Корпус представлен по меньшей мере 19 парами деревянных шпангоутов (рис. 1а), килем, тремя сохранившимися досками, шириной 40-60 см, представляющими плоское дно и находящимися на них многочисленными, примерно одноразмерными округлыми булыжниками (Ø 20-30 см), довольно плотно и регулярно расположенными, на поверхности остатков днища. Не скрытая осадками часть корпуса составляет в длину 8 м, в ширину – 7,5 м (рис 1 б) Отдельные элементы корпуса были скреплены деревянным крепежом, округлым в сечении.



а) б)

Рис 1. (а) Сонограмма части объекта, находящейся на поверхности осадка. (б) Размер объекта вдоль киля.

Многочисленные камни, находящиеся на корпусе, были покрыты обрастаниями - нитчатой зеленой однолетней водорослью *Cladophora sp.*, на деревянных элементах корпуса встречались немногочисленные, в основном, одиночно расположенные мелкие (Ø 3-5 мм) домики усоногих рачков *Amphibalanus improvisus.* Обрастание камней сезонной однолетней нитчатой водорослью, начинающей вегетировать весной и отмирающей осенью, свидетельствует о том, что корпус судна обнажился из под осадка не менее чем несколько месяцев назад, в то же время, низкое обилие и малый размер домиков балянусов не позволяет считать это срок большим чем один год. Кажется вероятным, что судно обнажилось из-под осадков в результате размыва во время осенне-зимних штормов конца 2018 – начала 2019 гг.,

т.е. произошло недавно. С этой версией согласуется расположение судна наверху валунной гряды, обнажившейся из-под осадка, а также – косвенно – тот факт что судно не было замечено ранее в столь мелководной акватории с прозрачностью до дна и активным трафиком маломерных плавсредств.

Булыжный материал, находящийся на корпусе, мы предположительно интерпретируем как каменный судовой балласт, что позволяет отнести время создания судна существенно более чем на 100 лет назад. Радиоуглеродное датирование небольшого фрагмента древесины, являвшегося частью конструкции судна, показало, что время прекращения роста дерева из которого он был выполнен, отстоит от настоящего момента на 469±29лет и может быть отнесено к диапазону 1425 - 1450 гг. с вероятностью 68,2% или к диапазону 1410 - 1460 гг. с вероятностью 95,4%. Без дальнейшего детального обследования объекта преждевременно делать окончательные выводы как о точном возрасте данного археологического объекта, так и о типе судна. Кажется, однако, возможным осторожно предположить, исходя из возраста и некоторых конструктивных особенностей, что это могло быть грузовое судно типа ганзейского когга.

Заключение

В августе 2019 г. в мелководной прибрежной зоне Южной Балтики в Калининградской области РФ найдено старинное деревянное плоскодонное судно неидентифицированного типа предварительно датированное 15 в.

Благодарность

Авторы благодарят аквалангистов Павла и Максима за сбор биологических проб водорослей и помощь в обследовании остатков судна.

Список литературы

Minchin D., Arbačiauskas K., Daunys D., Ezhova E., Grudule N., Kotta J., Molchanova N., Olenin S., Višinskienė G., Strake S. Rapid expansion and facilitating factors of the Ponto-Caspian invader Dikerogammarus villosus within the eastern Baltic Sea// Aquatic Invasions. – 2019. – Vol. 14, Issue 2. . – P. 165-181.

Bronk Ramsey, C., & Lee, S., – 2013. – Recent and Planned Developments of the Program OxCal.// Radiocarbon. – Vol.55, Nr 2-3. – P. 720–730.

Reimer P.J. et al.// Radiocarbon, Vol 55, Nr 4. – 2013. – P 1869–1887

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДВОДНЫХ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПОРТОВОМ РАЙОНЕ ХЕРСОНЕСА ТАВРИЧЕСКОГО В 2020 г

Букатов Андрей Алексеевич[1], Варлагин Вячеслав Валерьевич[1], Ткаченко Юрий Георгиевич[2], Хохлов Сергей Александрович[3].

[1] ФГБУК «Государственный историко-археологический музей-заповедник «Херсонес Таврический», г.Севастополь.

[2] Студия «Парус и море», г.Москва.

[3] ООО "Лаборатория сетевых технологий", г.Москва.

В 2020 году экспедиция отдела подводной археологии Музея-заповедника «Херсонес Таврический» продолжила работы в акватории Карантинной бухты, в районе затопленных строительных сооружений Херсонеса (рисунок 1). В полевом сезоне 2020 г основной акцент был сделан на исследование строительных остатков, находящихся юго-западнее «ромбовидной башни», обследованной в сезон 2019 г. Условия работы на этом участке бухты осложнены крайне плохой видимостью в воде, сильным обрастанием камней морской растительностью и небольшой глубиной, затрудняющей использование ГБО. В условиях мелководья хорошо себя зарекомендовало применение БПЛА.

Один из исследуемых объектов – скопление крупных каменных блоков, с явно прослеживаемыми остатками рядов кладки, находится у границы Музея-заповедника «Херсонес Таврический», рядом с территорией школы водолазов. Размеры остатков предполагаемого сооружения составляют примерно 11×8 м. Южнее, в непосредственной близости от развалов, выявлены остатки еще двух стен, длиной более 5 м, расположенных на расстоянии около 3 м друг от друга и идущих в направлении восток-запад. Вблизи линии уреза они уходят под отложения пляжа. Одну из этих предполагаемых стен перекрывает крупный фрагмент современной металлической конструкции, вероятно оставшийся от функционировавшего здесь ранее водолазного полигона. Каменные блоки были очищены от обрастания и ила для проведения фотограмметрической съемки остатков строительных сооружений (рисунок 2).

Второй объект исследований – несколько выступавших из песка каменных блоков – расположен чуть северо-западнее (рисунок 1:3). Здесь была предпринята шурфовка на площади 20 м^2 с целью интерпретации этого объекта. При проведении грунтоуборочных работ с помощью горизонтального эжектора, борта раскопа укреплялись мешками с песком. Под слоем заиленного песка мощностью более 50 см, содержавшего фрагменты окатанной керамики и современный мусор, залегает более плотный слой светлого песка и гальки. Здесь же были обнаружены крупные фрагменты древесины. В процессе работ выявлен каменный развал, уходящий за границу раскопа в сторону берега. Выступавшие из донного грунта камни за границей раскопа были промаркированы шестами, что позволило при съемке с БПЛА получить наглядную картину возможного направления предполагаемой стены.

Для определения возможных мест выхода стен на сушу был просканирован пляж с использованием георадара Лоза-М. Принцип действия георадара основан на излучении сверхширокополосных электромагнитных импульсов в среду и регистрации их отражений от границ раздела слоев или объектов.

Характеристики прибора:

диапазон рабочих частот, МГц, не менее 50-300;

чувствительность приемника более 500 мкВ;

амплитуда зондирующего импульса, В 5500 +/– 825;

длительность регистрируемых реализаций, нс 512;

частота импульсов передатчика, Гц 1000 +/– 200.
Импульсы проводились с частотой 1 в секунду. Шаг между импульсами – 25 см.

Красной линией (рисунок 3) отмечен маршрут одного из проходов по берегу. Слева от прохода отображен график сканирования. В южной части прохода на графике можно увидеть аномалию в виде длинной дуги, которую скорее всего дает железобетонный пирс школы водолазов. На графике можно увидеть достаточно большое количество аномалий напротив подводных "башен", а также аномалии в северной части прохода, где городская оборонительная стена подходит к урезу воды. Аномалии, возможно, являются остатками каменных конструкций, что предстоит проверить в дальнейшем, при расчистке отложений пляжа.

В процессе работ обследованы выявленные в 2019 году остатки сооружения, предположительно входившего в систему обороны Портового района Херсонеса. С помощью методов фотограмметрии выполнен ортофотоплан скопления крупных каменных блоков. Обработанные результаты исследования позволяют уточнить границы выявленных на настоящий момент затопленных строительных сооружений на этом участке Карантинной бухты.

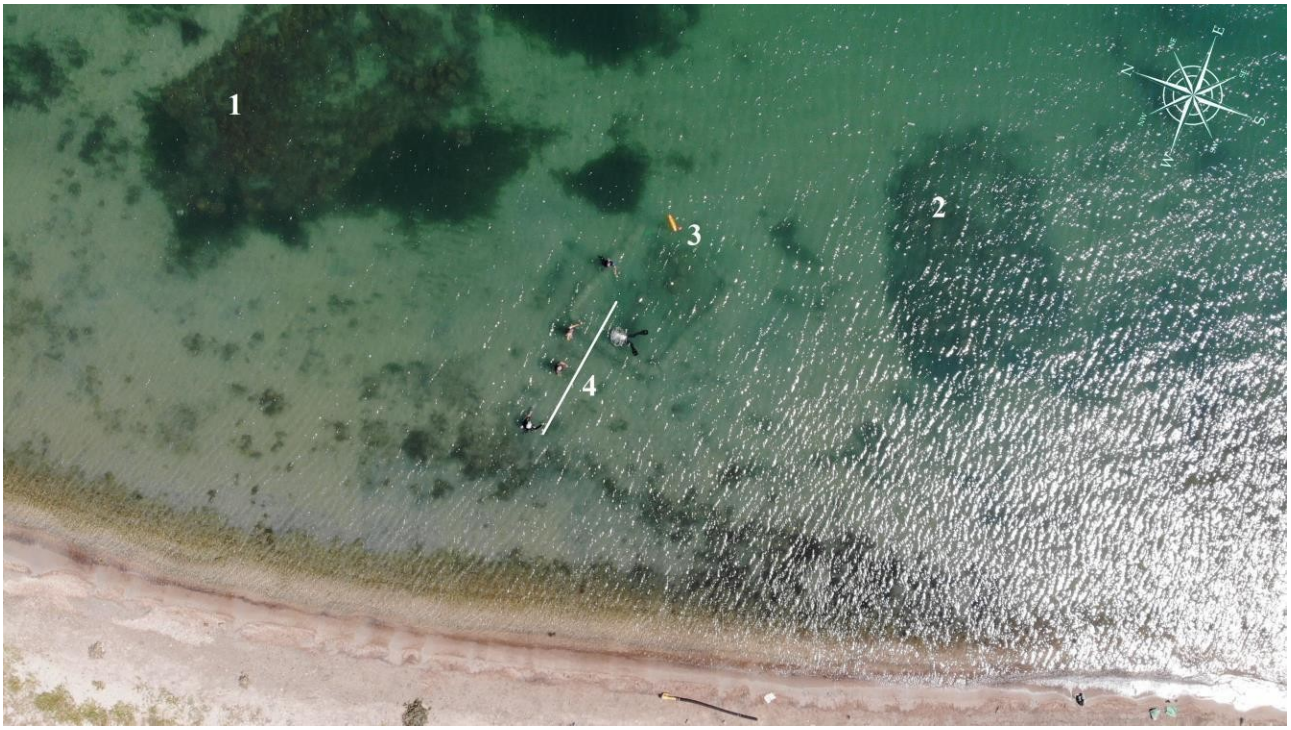


Рисунок 1. Место работ в бухте Карантинная. Показано: 1- «ромбовидная башня»; 2- остатки строительных сооружений, обследованных в 2020 г; 3- раскоп 2020 г; 4- возможное направление погребенной в песке стены.

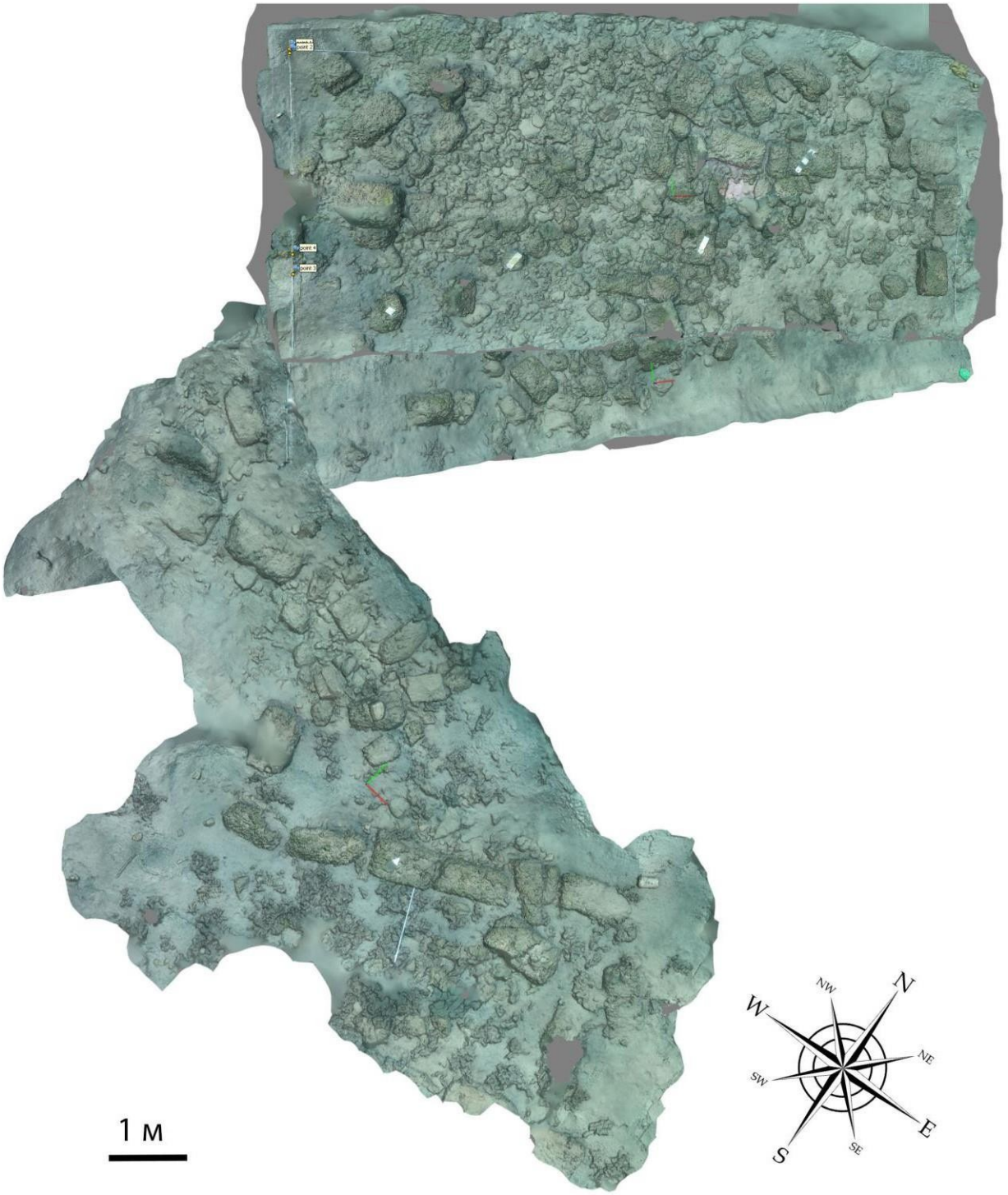


Рисунок 2. Фотограмметрический план части строительных остатков, обследованных в 2020 году (на рисунке 1 показано цифрой 2).

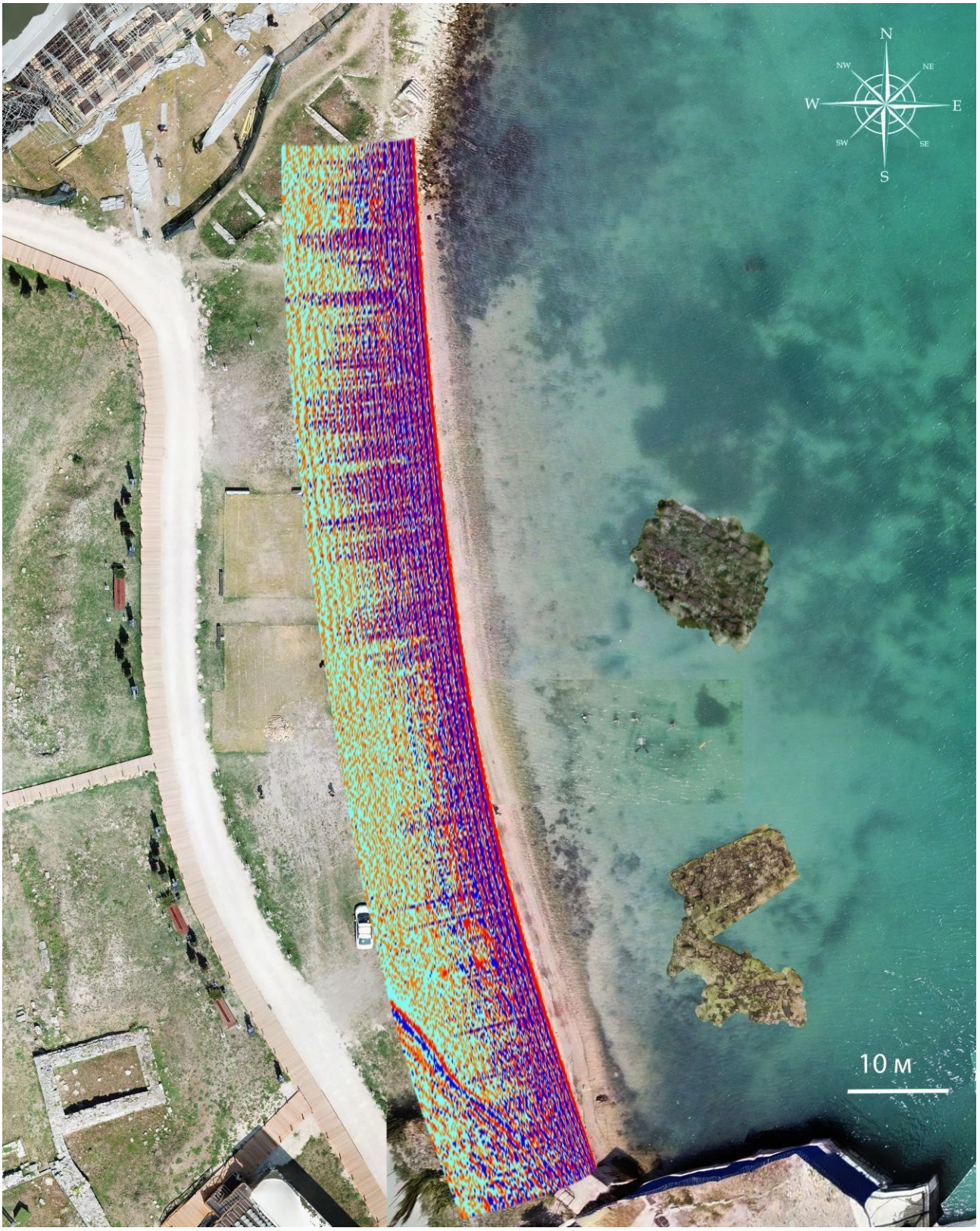


Рисунок 3. Маршрут (красная линия) и график сканирования пляжа с помощью георадара Лоза-М. На спутниковый снимок акватории наложены ортофотопланы «ромбовидной башни» и исследованных в этом сезоне строительных остатков.

МОРСКАЯ АРХЕОЛОГИЯ В СЕВАСТОПОЛЬСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Вахонеев Виктор Васильевич
Севастопольский государственный университет / ФГАОУВО СевГУ/ Севастополь

На протяжении веков разные мотивы побуждали человека развивать отношения с морем. В одни периоды истории море было защитой и непреодолимым барьером, в другие – главным способом для передвижения и ведения торговли, а вместе с этим и основным двигателем прогресса. С первобытной эпохи и вплоть до конца XIX в. лодки, а позднее корабли, были одними из самых сложных конструкций, создаваемыми человеком. При этом морская деятельность не ограничивалась технической областью, а во многих сферах пронизывала все аспекты социальной организации прибрежных сообществ. Во многих таких обществах прошлого и настоящего моряки и рыболовы сформировали особую субкультуру наряду с более общепризнанными городскими и сельскими группами. В этом смысле ход человеческой истории в немалой степени обязан и морской деятельности, изучение которой сквозь призму морской археологии должно стать важным элементом в более глубоком понимании истории.

Морское направление научных исследований – одна из приоритетных задач, стоящая перед Севастопольским государственным университетом, крупнейшим высшим учреждением Севастополя и одно из крупнейших в Крыму. Созданный в октябре 2014 г. путем слияния семи образовательных организаций Севастополя, университет в современности является динамично развивающимся современным образовательным учреждением, успешно сочетающим образовательную деятельность по программам высшего образования и научной деятельности.

Учитывая прибрежный статус Севастополя и морской вектор развития, в 2018 г. университет запустил в составе кафедры история Института общественных наук и международных отношений магистерскую программу по профилю подготовки «Морская археология» для заочной формы обучения, а годом спустя – для очной. Для кадрового обеспечения программы был приглашен ряд специалистов из академических научно-исследовательских учреждений.

Для успешной подготовки магистров была задействована современная материально-техническая база, сформированная в университете за последние годы на базе Центра морских исследований и технологий (ЦМИТ). К началу первого набора магистратуры университет уже имел в своем распоряжении гидроакустические комплексы, навигационные системы, телеуправляемые подводные аппараты. ЦМИТ также укомплектован учебным полигоном, техническим бассейном для проведения занятий в воде, учебными аудиториями и лабораториями.

На протяжении двух лет сотрудниками университета и привлеченными специалистами была подготовлена серия учебных пособий, в т.ч. «Методика подводных археологических исследований» (2019 г.), «Методические рекомендации по использованию телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов осмотрового класса в ходе подводно-археологических исследований» (2018 г.), а также подготовлен к изданию учебник «Морская археология».

Учебная программа содержит более 30 учебных курсов, большая часть которых связана с археологическим направлением и морскими работами. Особенностью программы является то, что помимо гуманитарных предметов, она акцентирует внимание и на технических особенностях проведения морских работ. С этой целью были подготовлены такие дисциплины как «Технологии морских исследований», «Управление телеуправляемым необитаемым подводным аппаратом», «Подводно-технические работы», «Гидрографическое обеспечение морских исследований».

Широкий спектр учебных дисциплин посвящен проблемам корабельной археологии: «История античного мореплавания», «История мореплавания в Средние века», «Античный порт», «Эксперимент в морской археологии», «История мореплавания в Новое и Новейшее

время», «Археология кораблекрушений и затопленных ландшафтов», «История кораблестроения».

Морская археология – относительно молодая субдисциплина, ещё совсем недавно чуждая профессиональному археологическому сообществу. Многие авторитетные исследователи имеют довольно поверхностные знания об ее истории, теории, методологическом арсенале и направлениях развития. Причин этому много, но основная заключается в том, что морские археологи до недавнего времени не были особенно искусными в информировании своих коллег о том, что происходит в этой субдисциплине. Своеобразное отношение к морской археологии связано и с тем, что методологической и теоретической основой таких исследований являлось оперирование к техническим особенностям морских полевых работ, ориентированных на безопасность и эффективность в неестественной с физиологической точки зрения для человека среде, людьми, которые в подавляющем большинстве не были профессиональными археологами.

Лишь в последнее время эта дисциплина была на равных включена в общие археологические изыскания на уровне как теории, так и практического исследования. Это постепенно приводит к тому, что обе стороны, морская и «наземная» археология, получили возможность объединить свои результаты для решения фундаментальных исторических проблем.

Морская археология – это археологическая субдисциплина, изучающая остатки человеческой деятельности на морях, взаимосвязанных водных путях и озерах, а также на прилегающих к ним территориях в прошлом. Морские археологические свидетельства охватывают следы материальной культуры, независимо от того, находятся они под водой или на суше.

Учитывая, что в культурно-исторической перспективе взаимодействие между морем и сушей, морем и человеком весьма обширно, естественно, что многочисленные остатки морской деятельности человека оказались как в культурных отложениях наземных памятников археологии, так и в донных отложениях на морском дне. В наземных полевых исследованиях археологи часто имеют дело с находками, связанными с морской деятельностью. Типичные примеры варьируются от палеозоологических материалов (кости рыб и морских млекопитающих, раковины моллюсков), до таких артефактов, как рыболовные снасти, остатки лодок и огромный ассортимент товаров, перевозившихся по морю на судах. Традиционно, область исследований с такими находками при наземных раскопках археологи не связывают с морской археологией. И хотя научные труды наземных археологов содержат главы о влиянии моря в историческом прошлом, рыболовстве, морской торговле и импортных товарах, термин «морская археология» не используется. Напротив, это определение невзначай стало синонимом подводной археологии, по сути, отойдя на задний план. При этом термин «подводная археология» достаточно нейтрален, чтобы объединить исследования как в море, так и в пресноводных водоёмах.

Это, в первую очередь, связано с зарождением подводной археологии. В первой половине XX в. наземная археология занимала уверенные научные позиции, имея серьёзные теоретические разработки, методику и методологию исследовательской работы. Находки же со дна моря доставали любители, а порою и обычные грабители. Поэтому за подводной археологией в академических кругах закрепился статус любительства, связанного со сбором антиквариата. Наземные археологи, по праву считая раскопки на земле крайне сложным процессом, априори полагали невозможными реальные научные изыскания под водой. Соответствующие исследования на морском дне в первую очередь требовали доступа к техническим средствам, которые способствовали бы длительному пребыванию под водой. Появление акваланга полностью изменило существующие установки. Со временем археологи, имеющие связанные с морем интересы, начали использовать новое оборудование и расширили спектр археологических работ. Позднее появились достаточные технические средства для проведения подводных раскопок и фиксации обнаруженных объектов. Тем не менее, фактическая невозможность контролировать проведение полевых работ сторонними специалистами, частое отсутствие качественных фотографий, невозможность фиксации

постоянно оплывающих стратиграфических профилей и далекая от идеала полевая документация ещё долгое время порождали скепсис к подводной археологии в глазах наземных коллег. А морские археологические разведки без использования достаточно дорогих и сегодня технических средств, таких как гидролокаторы и магнитометры, являются весьма безнадежной задачей, сходной с поиском иголки в стоге сена.

Подводная археология – термин, относящийся к методологии, обозначающий совокупность методов полевых археологических исследований. Подводная методология применяется в археологических исследованиях независимо от того, имеет ли объект исследований морскую или наземную природу, и связана исключительно с особыми условиями проведения работ под водой.

Прекрасный пример, иллюстрирующий разницу между подводной и морской археологией привела Ирена Росси, взяв за основу экономику классической античности, важная часть которой отражена в производстве и использовании амфор. Открытие в Средиземном море ряда затонувших кораблей значительно продвинуло вперед исследования амфор. То, что кораблекрушения в своей основе являются закрытыми комплексами, позволило разработать достаточно точную хронологию и типологию перевозимых амфор. Однако «жизнь» амфор начиналась не на корабле, а в мастерской на суше, после чего они наполнялись содержимым и отправлялись на рынки, затем в порты и гавани. Далее их ждали морские и частично сухопутные путешествия, после чего они могли опять оказаться на рынке и снова морскими, речными или сухопутными путями доставлялись конечному потребителю. На этом история амфоры не оканчивалась: она могла попасть в погребение или быть вторично использованной как целой, так и во фрагментах. Во многих современных средиземноморских странах амфоры стали своеобразным логотипом подводной археологии, а отчасти и символом исследования и охраны подводного культурного наследия. Тем не менее материалы, собранные с наземных памятников, в сравнении с данными со дна моря, составляют значительную часть любого серьёзного научного исследования. Таким образом, подводная археология использует технические средства для извлечения находок и соответствующей информации со дна, применяя при этом необходимую методику археологических исследований. Интерпретация ее данных при этом ограничивается контекстом подводного объекта и соответствующими подводными аналогиями. Когда начинается анализ информации о происхождении и назначении груза судна, о причинах и последствиях его перевозки, исследования выходят за рамки подводных объектов и превращаются в морскую археологию. Пример с амфорами, которые встречаются на всех без исключения памятниках античного периода Средиземноморья и Причерноморья, в данном случае особенно показателен в рамках изучения морской археологии, поскольку их форма напрямую связана с особенностью транспортировки на торговых судах.

Джордж Басс ещё в 1960-е гг. предлагал именовать подводную археологию просто археологией. Главная задача археолога – это исследование остатков материальной культуры не зависимо от места их залегания. В качестве примера он сравнил раскопки античного города Коринфа и ушедшего под воду после землетрясения в 1692 г. города Порт-Роял на Ямайке. В археологических исследованиях обоих городов нет особой разницы, за исключением того, что во втором случае археологам приходится носить у себя запас воздуха на плечах.

В начале 1990-х гг. авторитетное издание «International Journal of Nautical Archaeology» предложило все археологические исследования, каким-либо образом связанные с водой – проводятся они непосредственно под водой или изучают связанные с водой объекты и явления – называть гидроархеологией. Данный термин должен был стать не только общепринятым, охватывающим все области исследований, но и общим профессиональным справочным определением. Следует отметить, что данный термин регулярно встречался в историографии на протяжении длительного периода. К примеру, в СССР термин гидроархеология активно использовался в довоенное время.

Возражения против других терминов были связаны с их чрезмерным ограничением либо на основе методики исследования (подводная археология), либо по типу археологического объекта (археология кораблекрушений) или по объекту исследования

(корабельная археология). Несмотря на аргумент, что гидроархеология должна означать все аспекты исследований, связанных с водой, данный термин академическое сообщество не восприняло. Основным контраргументом служил пример с археологией на суше, которую никто не считает необходимым называть геоархеологией. Как результат, термин гидроархеология оказался более уместен для обозначения научного изучения древних систем водоснабжения и управления водными ресурсами в прошлом.

Указанные проблемы оказали неоднозначное влияние на развитие морской археологии. Наземное академическое сообщество длительное время не хотело и не могло признать равенства с морскими археологами. Вплоть до недавнего времени тенденции развития морской археологии управлялись двумя категориями исследователей: традиционными археологами, заинтересованными в изучении морского дела, и новой группой «ныряющих» археологов – тех, кто освоил акваланг. Технические требования и естественные физиологические различия между археологами привели к быстро растущему разрыву между большинством наземных археологов и меньшинством, давшим толчок развитию подводной археологии. Последние довольно быстро стали действовать на окраине сложившейся археологической общины. Они создали свои общества, разработали собственную научно-техническую терминологию, основали профильные периодические издания.

С момента создания акваланга многие морские археологи решили сосредоточиться на изучении конструкции лодок и кораблей. Это привело к распространению ещё одного термина в структуре морской археологии – корабельная археология (англ. Nautical Archaeology). Морские проблемы стали ещё менее актуальны для большинства наземных археологов, и наоборот. Для большинства исследователей морская археология стала синонимом корабельной археологии.

Приведенные примеры иллюстрируют постоянный интерес общества к тематике морских археологических исследований. Предложенная Севастопольским университетом магистерская программа по профилю «Морская археология» поможет заполнить лакуну в деле подготовки специалистов в отрасли и постараться устранить кадровый голод ряда учреждений, чья деятельность связана с морскими археологическими исследованиями.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ПРОГРАММАХ ПОДГОТОВКИ В ОБЛАСТИ МОРСКОЙ И ПОДВОДНОЙ АРХЕОЛОГИИ В АНГЛОГОВОРЯЩИХ СТРАНАХ И РОССИИ.

Николаев Иван Романович[1], Горлов Иван Олегович[2]

[1] Культурно-исторический центр «Светоч», Москва

[2] Центр морских исследований МГУ, Москва

Необходимость в изучении, сохранении и актуализации подводного культурного наследия (далее - ПКН) обусловила необходимость в подготовке квалифицированных кадров, обладающих комплексными навыками и опытом, способных выполнять работы по выявлению объектов наследия, проведения и организации археологических работ, консервации находок и общего понимания процессов актуализации и музеефикации наследия. Ввиду этого, особый интерес представляет анализ современного отечественного и зарубежного опыта в отношении подготовки профильных исследователей.

Данное исследование сконцентрировано на опыте англоязычных стран, как внесших наибольший вклад в практическое развитие представлений о морском культурном наследии и являющихся центром для крупнейших международных организаций, занимающихся вопросами ПКН [Николаев, 2020]. Кроме того, за основу взяты программы подготовки магистров ввиду их множества в сравнении с бакалавриатом.

Целью данного исследования стала систематизация и анализ структурных элементов учебных программ и практик подготовки специалистов в области ПКН в России и англоязычных странах.

Задачами стали:

1. Выявление профильных магистерских программ, осуществляющих подготовку в области морской и подводной археологии;
2. Выделение и систематизация преподаваемых дисциплин, анализ их объема в учебном плане.

Практическая значимость исследования заключается в возможности наглядно рассмотреть основы зарубежной практики в отношении подготовки профессиональных кадров в области ПКН, чтобы в дальнейшем использовать полученные сведения для развития эффективности образовательных программ.

Количество университетов, предлагающих магистерские программы, снизилось в сравнении с данными, предоставляемыми ведущими порталами в области ПКН. Среди таковых - перечень университетов, входящих в объединенную сеть UNITWIN [http://www.unesco.org/new/en/culture/themes/underwater-cultural-heritage/education/unitwin-network/], а также информационный веб-портал Maritime Archaeology [https://www.maritimearchaeology.com/education/universities/]. Подготовка магистров не ведется в университетах Бристоля, Эксетера, Ольстера, Йорка, Западной Австралии и Западной Флориды. В ходе исследования выявлены следующие университеты, ведущие подготовку морских археологов:

- Великобритания
    - Саутгемптонский университет - Морская археология (MSc, MA);
    - Ноттингемский университет - Археология, Подводное направление (MA(Res);
    - Оксфордский университет - Археология, Морское направление (MSt, MPhil);

- Борнмутский университет - Морская археология (MRes);
- США
  - Техасский университет A&M – Археология мореходства;
  - Университет Восточной Каролины - Морские исследования;
  - Университет Майами - Подводная археология;
- Австралия
  - Университет Флиндерса - Морская археология;
- Россия
  - Севастопольский Государственный Университет - Морская археология

Ввиду различия образовательных стандартов или их отсутствия в зарубежных вузах, названия дисциплин различаются. Выполнение сравнительного анализа затрудняется многообразием подходов к формированию содержания отдельных дисциплин. Для обеспечения сравнимости дисциплины и компоненты программ были сгруппированы в условные тематические блоки, на основании схожести приобретаемых в результате их освоения компетенций. Было выделено 10 блоков:

- Историко-культурный блок;
- Археологический блок (Морская археология);
- Археологический блок (общие и специальные вопросы);
- Техническое обеспечение работ;
- Управление наследием;
- Консервация и реставрация;
- Естественнонаучный блок;
- Практики и стажировки;
- Квалификационная работа;
- Дисциплины общегуманитарного профиля.

Результаты систематизации дисциплин, отражающие палитру предлагаемых к освоению компетенций представлены на Диаграмме 1:

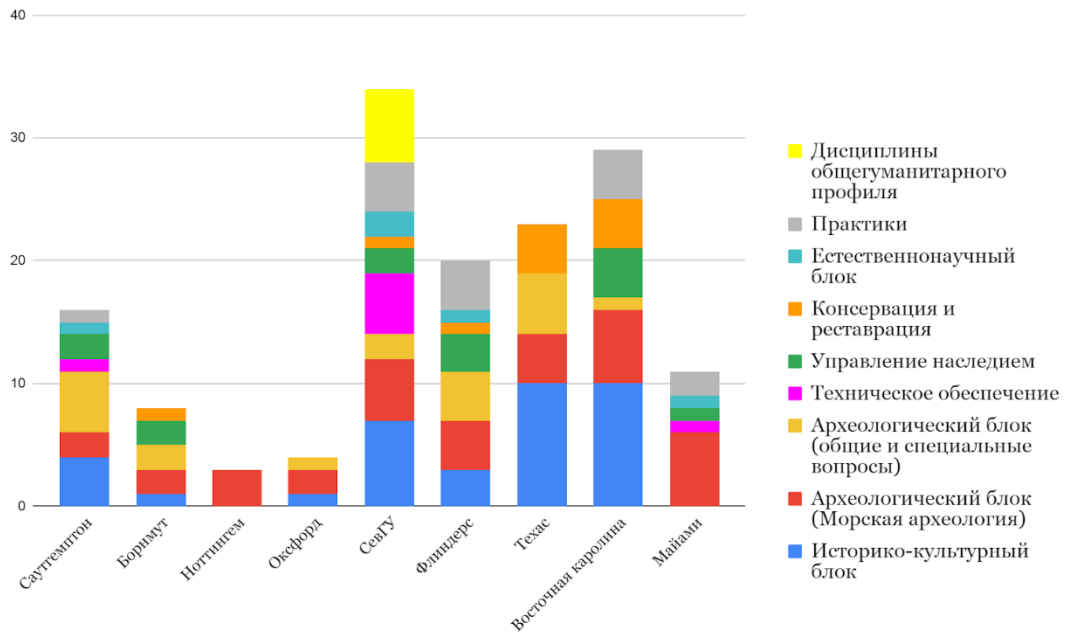


Диаграмма 1. Количественная систематизация представленных дисциплин

Несмотря на обилие возможных дисциплин фактическое обучение включает меньшее их количество, т. к. предполагает выборность ряда модулей для индивидуализации образовательной траектории студента. Значительная сложность при пересчете нагрузки вызвана существенными различиями в единицах измерения учебной нагрузки в различных университетах и странах. Для упрощения восприятия нагрузка приведена к астрономическим часам. Результаты отражены на Диаграмме 2.

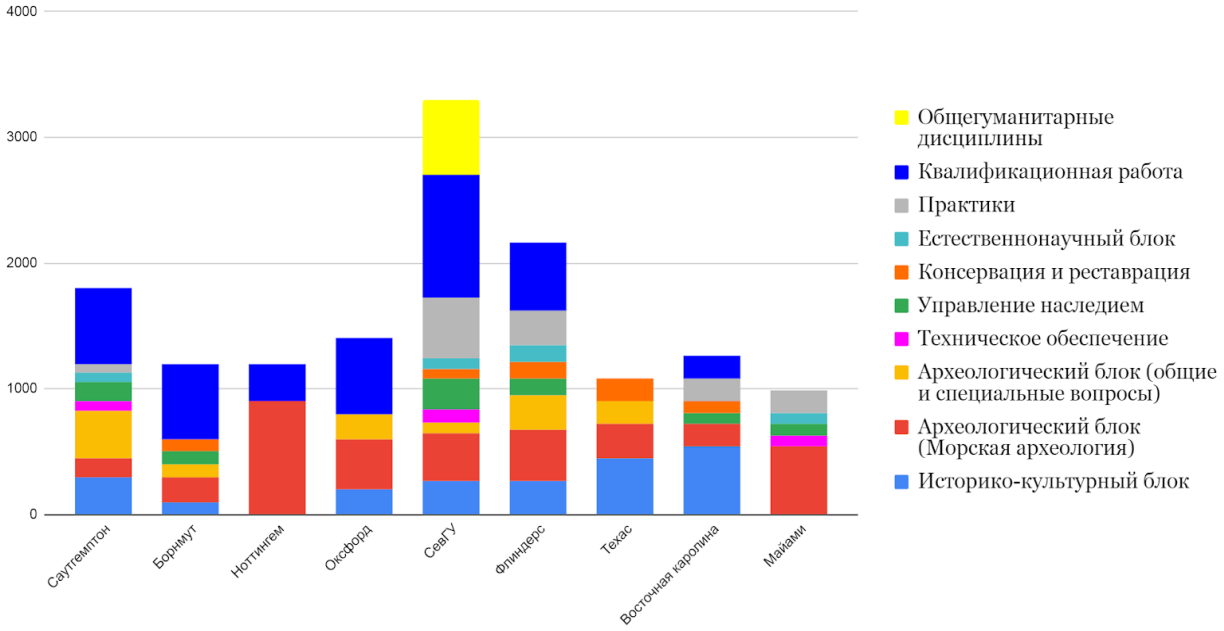


Диаграмма 2. Количественная систематизация представленных дисциплин

Проведенный анализ позволяет заключить, что в англоязычном сегменте наблюдается два подхода к построению образовательных программ. Первый тяготеет к комплексному преподаванию всех аспектов, связанных с подводно-археологической деятельностью, тогда как второй концентрируется на одной-двух тесно связанных темах.

Отечественные стандарты магистратуры обеспечивают больший объем практических занятий и на фоне ведущих англоязычных вузов программа Морской археологии СевГУ выглядит современно и конкурентоспособно. Особо следует отметить, что значительный объем практических занятий выгодно отличает программу на фоне тенденции сокращения учебного времени, выделяемого на практики, отказ от проведения практических занятий и сокращение количества дисциплин в западных вузах.

Комментируя результаты также следует отметить различия в выборе основных дисциплин программы находящиеся в зависимости от местоположения ВУЗа. В приморских учреждениях баланс между дисциплинами гуманитарно-исторического профиля и дисциплинами посвященными различным аспектам морской археологии смещен в сторону морской археологии.

Список литературы:

Николаев И. Р. Морское культурное наследие: история становления и развития понятия на примере Великобритании // Наследие веков. – 2020. – № 1. – С. 26–35.

Course Information Sheet for entry in 2020–21. MSc in Archaeology // University of Oxford. – Oxford: University of Oxford, 2018. – 3 p.

Faculty of Science and Technology AAFS Framework: Framework // Bournemouth University. – Poole: Bournemouth University, 2019. – 161 p.

Graduate Program in Underwater Archaeology // University of Miami. – Miami: University of Miami, 2020. – 5 p.

Nautical Archaeology Program // Texas A&M University. - College Station, TX: Texas A&M University, 2020. – 4 p.

Postgraduate prospectus 2018 // The University of Nottingham. – Nottingham: The University of Nottingham, 2018. – 99 p.

Programme Specification: MSc Maritime Archaeology (2020-21) // University of Southampton. – Southampton: University of Southampton, 2020. – 9 p.

https://maritimearchaeology.com/education/universities/

https://maritimestudies.ecu.edu/courses/

https://students.flinders.edu.au/my-course/course-rules/postgrad/mmarch-full-program

http://unesco.org/new/en/culture/themes/underwater-cultural-heritage/education/unitwin-network/

ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ СЕРИИ ДОКУМЕНТАЛЬНЫХ ФИЛЬМОВ О ПОДВОДНОЙ АРХЕОЛОГИИ

Ткаченко Юрий Георгиевич, Хохлов Сергей Александрович, Горлов Иван Олегович, Бардашов Михаил Николаевич, Садеков Ролан Нуриманович
Группа подводных археологов «Парус и море»

Работа подводных археологов до сих пор остается мало понятна широким слоям населения и обладает романтическим флером охоты за сокровищами. Для создания положительного образа этой сферы научной деятельности, а также, для формирования бережного отношения к подводному культурному наследию, необходима грамотная популяризация подводной археологии при непосредственном участии самих ученых в создании контента.

В настоящее время в подводной археологии идет поток ярких открытий. Это обеспечивается доступом к огромному количеству оцифрованных исторических документов и стремительным совершенствованием поискового и исследовательского оборудования.

Открытия в подводной археологии могут стать источниками сюжетов для зрелищных научно-популярных фильмов. Настала эпоха, когда весь мир практически полностью отснят. Зрителя ничем не удивишь. Но обнаруженные подводными археологами артефакты обычно никто раньше не видел. За многими этими объектами подводного культурного наследия скрываются интереснейшие истории, которые можно рассказывать в документальных фильмах.

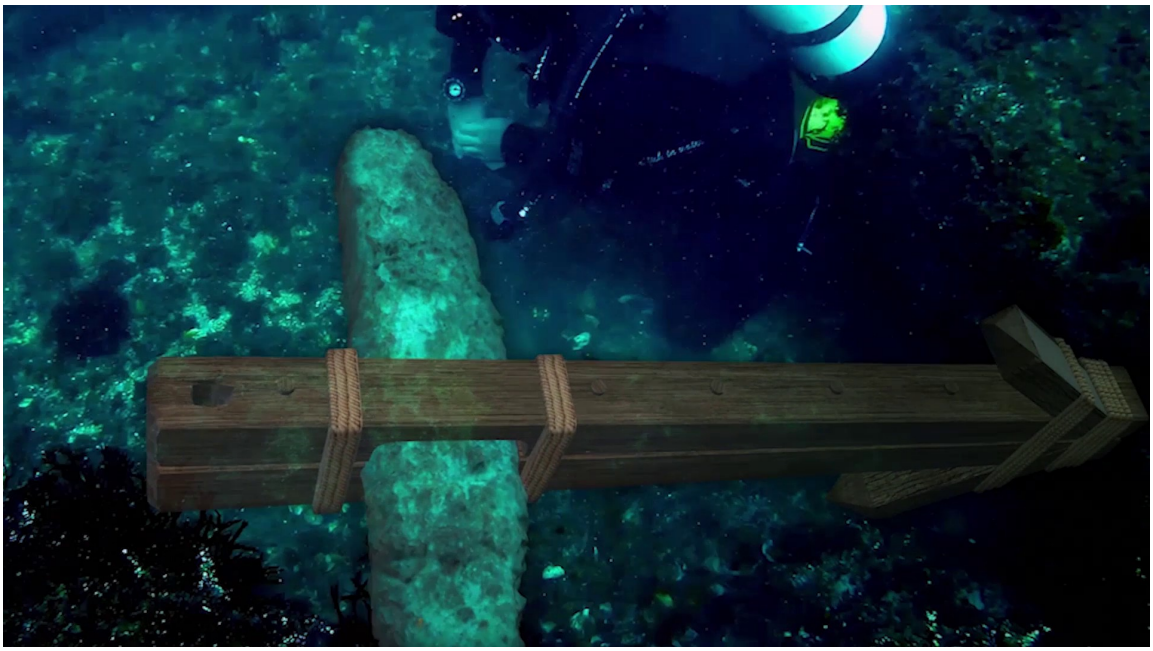
Миссия сериала о подводной археологии видится следующая:
1. Просвещение широких слоев населения в области подводного культурного наследия (что это такое, важность его охраны и изучения).
2. Популяризация подводной археологии, что должно способствовать улучшению финансирования этой области науки.
3. Видеоматериалы, используемые при создании научно-популярных фильмов, могут широко использоваться в научной деятельности: для выступлений на научных конференциях, при создании музейных экспозиций, при подаче заявок на получение грантов и при создании отчетов о результатах исследовательской деятельности.

Для того, чтобы фильмы представляли интерес для телеканалов, необходимо, помимо высокого качества контента, обеспечить его серийность. Один, даже самый интересный фильм — нерентабелен, нужен сериал. А вот этого ни одна команда подводных археологов в одиночку обеспечить не может. Но если объединить усилия разных команд под единым брендом (например, сериал «Подводные тайны»), то можно обеспечить регулярный выход новых фильмов без потери качества.
Для участия в данном проекте, любой команде подводных археологов достаточно предоставить видеоматериалы из своей экспедиции, результаты которой они считают заслуживающими показа широкой публике и дать несколько интервью об этих событиях. Возможен вариант, когда они возьмут в экспедицию создателей фильма, чтобы они вели съемку во время поисков.

К настоящему времени авторы «Подводных тайн» смонтировали 3 фильма серии: «В поисках лодки-кижанки» (о поиске старинной лодки на дне Онежского озера в районе музея-заповедника «Кижи»), «Донская Атлантида» (о локализации затопленной древней крепости Саркел на Дону) и «Загадки взорванного собора» (о поиске в том же районе, на дне Цимлянского водохранилища собора, сложенного из хазарских кирпичей). Их можно посмотреть на сайте www.parusimore.ru

Видеоматериалы каждого фильма были использованы авторами в их докладах на международных научных конференциях в России, Греции и Турции. Фильм «Донская Атлантида» из серии «Подводные тайны» будет показан на конференции в секции научно-популярных фильмов.

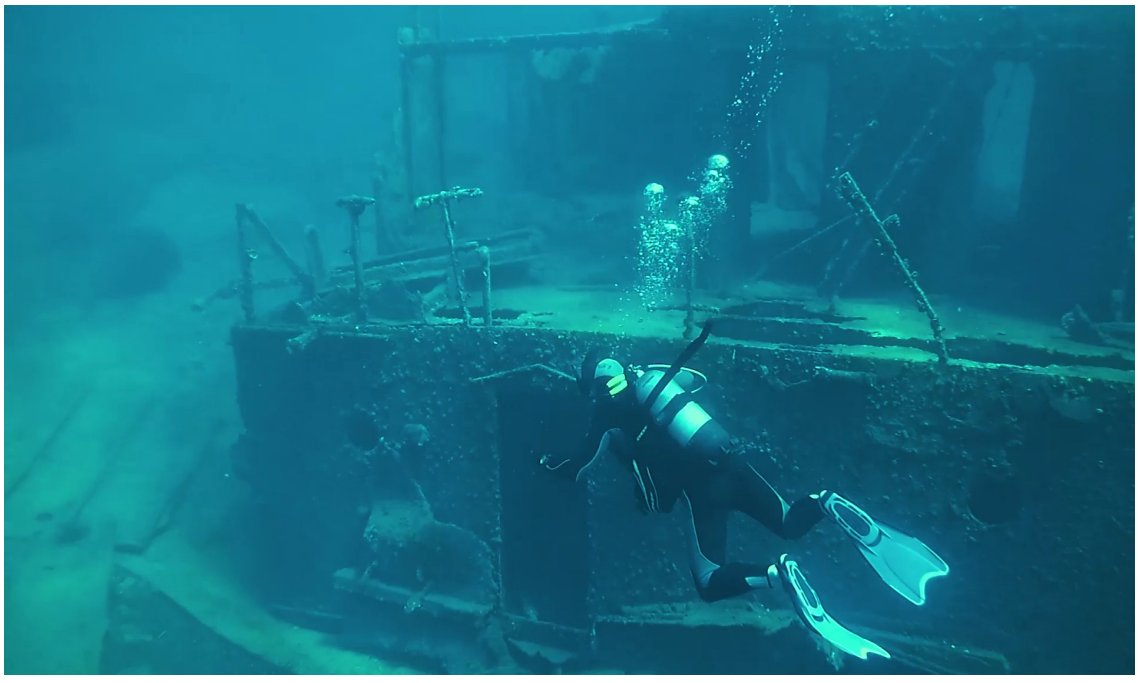
Кадры из фильмов серии:











МОРСКОЕ И ПОДВОДНОЕ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ РОССИИ В СРЕДИЗЕМНОМ МОРЕ

Мозговой Сергей Александрович[1,3], **Фазлуллин Сергей Маратович**[2,3]
[1]*РосНИИ культурного и природного наследия им. Д. С. Лихачева, Москва*
[2]*Российский государственный гуманитарный университет, Москва*
[3]*Русское географическое общество, Московское областное отделение*

Морское наследие России в Средиземном море, включая подводное историко-культурное наследие, формировалось в течение нескольких веков благодаря внешнеполитическим интересам России и в результате морской деятельности Военно-морского флота. Наибольший пик образования объектов морского культурного наследия и подводного культурного наследия приходится на 18-19 века во время активной деятельности эскадр адмиралов Г.А. Спиридова, Ф.Ф. Ушакова, Д.Н. Сенявина, Л.П. Гейдена, М.П. Лазарева и др.

Первым, и, очень значимым для России предприятием, была Первая архипелагская экспедиция Русского флота (1769-1774 гг.). Она проходила под командованием адмирала Г.А. Спиридова (общее руководство русскими военными силами осуществлял граф А.Г. Орлов). Экспедиция состоялась во время русско-турецкой войны 1768-1774 гг. Корабли эскадр адмиралов Г.А. Спиридова, Д. Эльфинстона и И.П. Арфа активно действовали в Средиземном море против турецкого флота и оставили исторический след в местах своего базирования, морских сражений и высадки морского десанта. Такими местами являются острова Менорка (ныне Испания), Специя, Парос и Лемнос (Греция), полуостров Морея (Пелопонесс, южная часть современной Греции), Наварин и Итилон (Греция), бухта Наполи ди Романо (Италия), Чесма (Турция) и др.

Первым средиземноморским портом, куда зашел российский флот, стал Порт-Магон (нынешний Маон) на острове Менорка. Здесь были построены госпиталь для больных и раненых моряков, организовано кладбище, на месте упокоения умерших воинов (известны имена более 170 умерших моряков) впоследствии поставлен обелиск, от которого сохранился фундамент, а также склад и другие постройки, следы которых сохранились до сих пор. Среди умерших был и девятнадцатилетний сын адмирала Г.А. Спиридова – Андрей Спиридов, скончавшийся 21 ноября 1769 года и похороненный в греческом храме Святого Николая, ставшем впоследствии католическим в честь Непорочного Зачатия. Могила Андрея Спиридова и надгробная плита сохранились, а в островном музее есть рисунок итальянского художника Джузеппе Кьеза, изображающий похороны юноши. Сейчас группа энтузиастов по инициативе настоятеля храма св. равноап. Марии Магдалины в Мадриде протоиерея Андрея Кордочкина стремится сохранить российское военно-морское наследие на Менорке. Эту инициативу поддержало Движение «За адмирала Спиридова!», созданное по инициативе полковника В.Ф. Малютина.

Главным событием Первой архипелагской экспедиции стало Чесменское сражение. Оно произошло в течение нескольких дней с 24 по 26 июня 1770 г. (по старому стилю) между русской и турецкой эскадрами в Эгейском море и состояло из двух боев (этапов): в Хиосском проливе на траверзе Чесменского мыса и непосредственно в Чесменской бухте [1].

Свидетельства сражения представлены в музее города Чесмы, а также нам известно место захоронения погибших моряков Русской эскадры у церкви Св.Георгия в местечке Мессерджик близ Чесменской бухты, ставшей в начале XX века храмом-памятником погибшим героям Чесменского сражения [2].

Спустя два месяца после Чесмы у греческого острова Лемнос сел на мель и разрушился линейный корабль «Святослав». Подробное описание происшествия оставил в своем дневнике участник Чесменского сражения контр-адмирал С.П. Хметевский. Ныне место нахождения остатков корабля локализовано [3]. По инициативе Конфедерации подводной деятельности России, Российского государственного гуманитарного университета и Русского географического общества, планируется создать виртуальный музей, посвященный Архипелагской экспедиции. Первый шагом к созданию такого музея может стать виртуальная экспозиция о «Святославе» [4].

В настоящее время военное и морское наследие России на Лемносе представлено древней крепостью, которую брали войска под командованием графа А.Г. Орлова и адмирала Г.А. Спиридова, памятник графу А.Г. Орлову и адмиралу Д.Н. Сенявину, улица в честь графа А.Г. Орлова, Русское казачье кладбище, где похоронены казаки и члены их семей, умершие 100 лет тому назад во время Исхода частей Русской армии и эскадры Черноморского флота, а также могилы русских моряков на английском кладбище, погибших в Первую мировую войну.

В 1798-1800 гг. Ф. Ф. Ушаков был назначен командующим российской эскадрой в Средиземном море. Задачей Ф. Ф. Ушакова являлось овладение Ионическими островами, блокада французских войск в Египте и нарушение их коммуникаций, содействие английской эскадре контр-адмирала Г. Нельсона во взятии о. Мальта.

Во время Средиземноморского похода (1798-1800 гг.) русской эскадры под командованием адмирала Ф.Ф. Ушакова были проявлены образцы организации взаимодействия армии и флота при овладении Ионическими островами и особенно островом Корфу (Керкира), при освобождении от французов Италии, во время блокады Анконы и Генуи, при овладении Неаполем и Римом, осуществлено овладение Ионическими островами и создание греческой Республики Семи Островов, блокада французских войск в Египте, нарушение коммуникаций и содействие английской эскадре контр-адмирала Г. Нельсона во взятии о. Мальта антифранцузской коалицией. Следы действия русской эскадры под командованием Ф.Ф. Ушакова сохранились во многих местах Средиземноморья.

Морское наследие Второй архипелагской экспедиции (в ходе русско-турецкой войны 1806-1812 гг.) под командованием адмирала Д.Н. Сенявина представляют памятные места, связанные с местами базирования русских кораблей и успехами по разгрому турецкого флота в Дарданелльском и Афонском сражениях. В 1806 году русский флот действовал главным образом в Ионическом море и у берегов Далмации, блокировал обороняемые французскими войсками берега, занял десантом Каттарскую область и несколько островов, а с февраля 1807 год эскадра Сенявина активно действовала у Дарданелл совместно с британским флотом.

Третья Архипелагская экспедиция отряда кораблей российского флота в Средиземное море была предпринята с целью поддержки Греческой национально-освободительной революции 1821–29 гг. Боевые действия против турок осуществлялись в составе союзной

русско-франко-британской эскадры в 1827-1829 гг. (В Великобритании и Франции поход союзной эскадры известен как «Морейская экспедиция»).

Корабли союзников в Наваринском сражении 8 (20) октября 1827 г. в Наваринской бухте Ионического моря на юго-западном побережье полуострова Пелопоннес разгромили турецко-египетский флот. Русской эскадрой командовал контр-адмирал Л.П. Гейден. В сражении отличился флагманский корабль русской эскадры «Азов» под командованием капитана 1 ранга М.П. Лазарева, будущего адмирала. В период войны русская эскадра блокировала Дарданеллы и действовала против турецкого торгового судоходства.

Русские моряки кораблей гардемаринской эскадры контр-адмирала В.И. Литвинова первыми пришли на помощь итальянским городам, пострадавшим от землетрясения 15 декабря 1908 г. Особенно большая помощь была оказана жителям почти полностью разрушенной Мессины (Италия). В честь этого события в Мессине стоит памятник русским морякам.

Во время Первой мировой войны в боевых действиях на Средиземном море принял участие русский крейсер «Аскольд», который вел артиллерийскую стрельбу по противнику и обеспечивал десантные операции. Трагическим событием Первой мировой войны для российского флота стала гибель 22 декабря 2016 г. броненосца «Пересвет». В сопровождении английского эсминца корабль вышел из Порт-Саида в Средиземное море, где (как позже выяснилось) подорвался и погиб на минном заграждении, выставленном немецкой подводной лодкой U-73 на подходах к каналу.

Погибшие моряки «Пересвета» были похоронены на небольшом участке греческого православного кладбища в Порт-Саиде. А в 1955 году на средства Министерства обороны СССР здесь был установлен памятник в виде скромного обелиска, огороженного якорными цепями, с надписью: «Русским морякам, погибшим на боевом посту в январе 1917 года. Сооружен Министерством обороны Союза ССР в 1954 году». А 25 февраля 1991 г. в торжественной обстановке с участием моряков с эсминца «Безупречный» были открыты две новые мемориальные доски. Одна, мраморная, - с именами тех, кто похоронен на кладбище, другая, бронзовая, со списком погибших. Посредине - у подножья обелиска — два якоря. Вокруг — могилы моряков с перечислением около 80 фамилий, 26 из них безымянны, на надгробиях — лишь мраморные плиты с крестом. А на 27-й надпись: «Лейтенант Иван Иванович Рентшке, старший артиллерийский офицер крейсера «Пересвет». Погиб 22 декабря 1916 года» (22 декабря по ст. стилю, по новому - 4 января 1917 г.) [5].

Немало памятных мест в Средиземноморье связано с исходом Русской эскадры из Крыма в Бизерту в 1920 году. Многие, в основном прибрежные города Туниса (Бизерта, Тунис, Табарка, Монастир и др.) хранят память о русских моряках и их семьях на чужбине [6]. Так, в Бизерте памятником эскадре служит храм св. Александра Невского, построенный моряками-эмигрантами в 1938 г. и созданный недавно по инициативе А.А. Манштейн-Ширинской «Дом Русской эскадры». Памятью о моряках также являются форты, где базировался морской кадетский корпус, тунисский некрополь, в Бизерте, Тунисе и др. городах и другие объекты, связанные с пребыванием эскадры.

После Второй мировой войны советский ВМФ вернулся в Средиземное море и выполняли задачи Боевой службы. Например, в Албании базировались советские подводные лодки (1959), в Тартусе (Сирия) был создан пункт материально-технического обеспечения

ВМФ, в Югославии ремонтировались подводные лодки. 14 июля 1967 г. была создана 5-я Средиземноморская эскадра (5-й ОПЭСК), которая противостояла 6 флоту США.

Таким образом, за три столетия активной деятельности отечественного флота в Средиземном море на этом театре сформировалось морское наследие России, которое следует выявлять, изучать и сохранять.

Список литературы

Мозговой С.А. Чесменское сражение. К 250-летию. // Десятые Елагинские чтения. СПб., 2020. С. 6-17.

Никулин А. Острова невезения. Историческое путешествие по местам русских экспедиций XVIII-XIX веков. М.: Paulsen, 2014.

Гасюк А. Проект «Святослав». Археологи впервые исследуют затонувший в XVIII веке русский линейный корабль // Российская газета № 272(8030), 02.12.2019.

Мозговой С.А. «Памяти «Пересвета»» // Морской сборник. № 12. 2018. С. 85-88.

Мозговой С.А. «Через пять морей. Морская парусная экспедиция в Тунис «По следам Русской эскадры» // «Проблемы изучения и сохранения морского наследия России». Материалы Первой международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 27-30 октября 2010 г. Калининград, 2010. С. 166-168.

Мозговой С.А. «Бизерта: последняя стоянка Черноморской эскадры, или легенда Русской Африки. Воспоминания о встрече с А.А.Ширинской-Манштейн» // «Нептун», 2016. №1. С. 92-97.

Подводное культурное наследие

Стендовые доклады

ОТ ВИРТУАЛЬНОСТИ К РЕАЛЬНОСТИ: ВОЗМОЖНЫЙ ПУТЬ К СОЗДАНИЮ ПОДВОДНЫХ ПАРКОВ.

Николаев Иван Романович[1], Горлов Иван Олегович[2]

[1] Культурно-исторический центр «Светоч», Москва

[2] Центр морских исследований МГУ, Москва

Необходимость комплексного взаимодействия с объектами подводного культурного наследия, включающая изучение, сохранение и обеспечение публичного доступа вкупе с приоритетным взаимодействием in situ обусловила популярность и развитие подходов к образованию подводных парков. Развитие концепции устойчивого развития и голубой экономики упрочили положение подводных парков как наиболее предпочитаемых форм музеефикации подводного культурного наследия.

В то же время реальное учреждение подводного парка сопряжено с рядом сложностей: необходимости крупных финансовых вложений, сложностью природных условий для формирований подводных маршрутов, отсутствия универсальных подходов к учреждению постоянно действующего и финансово устойчивого подводного парка.

Возможный путь к решению ряда вопросов при учреждении подводного парка – создание в качестве стартового этапа виртуальной экспозиции, музейной формы, включающей массив данных, предваряющих создание реальной подводной или надводной экспозиции.

Основные сложности, сопряженные с организацией подводного парка, в целом, можно разделить на антропогенные и природные. Очевидно, что обеспечение публичного доступа к подводному наследию остается одной из главных проблем. Один из ключевых аспектов — черная археология и охота за сокровищами, опасность и вред которых неоднократно отмечались исследователями [Анисимов, 2015; Scott-Ineron, 2009]. Американские исследовательницы Делла Скотт-Инерон и Дженнифер Маккиннон справедливо замечают, что “Даже хорошо задокументированные корабли, о которых известно, что они не перевозили какой-либо груз, были разорваны на части дезинформированными людьми в надежде найти несуществующие сокровища [Scott-Ineron & McKinnon, 2015].” В подводном парке эта проблема не менее актуальна, т. к. отсутствует постоянное наблюдение за сохранностью комплекса.

Природные проблемы не менее значимы. Большинство действительно интересных объектов сохраняется в условиях прямо противоположных удобству доступа к ним. Один из основных аспектов - глубина залегания объектов, в значительном числе случаев близка к 40 метрам или превышающая эту глубину [Фазлуллин, 2019]. Для мелководья остается актуальной проблема преобразования ландшафтного комплекса образуемого ОПКН в случае обустройства доступа к нему и трудно прогнозируемые последствия для его сохранности.

Формирование первичной виртуальной экспозиции способствует решению данных проблем. Опасность разграбления памятника не исключает необходимости в привлечении внимания общественности к проблеме подводного культурного наследия и просвещения в отношении его историко-культурной ценности.

При эффективном использовании виртуальная экспозиция является мощным инструментом информирования общественности. Виртуализация открывает доступ к сложному объекту всем, у кого есть интернет, что является несомненным преимуществом. Помимо этого, отсутствие активного физического контакта с объектом и его окружением снижает активность деградационных процессов.

Присутствует ряд сложностей при реализации данного подхода. Аманда Эванс указывает, что несмотря на увеличивающуюся популярность веб-сайтов, как просветительского средства, к ним сложно привлекать публику, т. к. «они зависят от уже заинтересованной аудитории, которая ищет их [Evans, 2014]». Также отмечается, что фотограмметрия может быть альтернативой художественным снимкам, но не полной их заменой [Evans, 2014]. Ограниченная видимость под водой осложняет получение высококачественных исходных данных в то время, как исключительно текстовое описание в современном мире зачастую недостаточно.

Несмотря на определенные технические трудности, возникающие при создании цифровой модели рельефа и объекта и построении фотограмметрических изображений в условиях низкой прозрачности, в целом процесс достаточно отработан и стал рутинной и неотъемлемой частью в ходе археологического обследования.

При создании любой экспозиции всегда остается вопрос поддержания интереса публики и времени ее жизни. Процесс накопления информации об объекте обычно растянут во времени. Постепенное обновление виртуальной экспозиции, ее детализация, снабжение текстовой информацией, добавление новых элементов по мере натурного и архивно-библиографического изучения объекта обеспечивают постоянную новизну для посетителей и стимулируют многократное посещение.

По мере накопления реальных предметов экспозиция получает возможность перехода из виртуального поля и трансформации в реальную временную экспозицию, которая по мере развития может быть трансформирована в музей или стать частью музея, возникающего в ходе объединения нескольких виртуальных экспозиций.

Кластеризация музеефицируемых объектов подводного наследия рождает ряд преимуществ и позволяет обойти сложности, возникающие при музеефикации одиночных объектов.

Во-первых, единичный объект далеко не всегда имеет необходимую информационную ценность и привлекательность для посетителей как вещь в себе, но в ряду объектов объединенных общим историческим или тематическим нарративом становится ценным ресурсом.

Во-вторых, кластеризация позволяет перераспределять ресурсы, необходимые для изучения и музеефикации объекта между объектами кластера.

Удачным примером кластеризации могут служить виртуальные экспозиции, созданные в рамках проекта Разведывательно-водолазной команды «Поклон кораблям великой победы [https://uwex.org/#objects].» Исследованные объекты получают текстовое описание, дополняются видеоконтентом и интерактивной 3D-моделью, что вкупе с консолидацией объектов на едином ресурсе позволяет судить о результатах, как о цифровом пространстве музейного типа. Кластеризация в виртуальном поле имеет отражение и реальном мире. Вследствие объединения информационного сопровождения появляются основы для тематических экскурсий и дайв-сафари.

Развитие технических возможностей и распространение морской робототехники позволяют говорить о получении площадных фотограмметрических съемок как о современной реальности. После предварительной технической обработки результаты могут быть доступны для изучения широкими массами и вовлечены в модели гражданской науки. Имея возможность добавлять пользовательский контент, посетители сайта могут изучать и идентифицировать объекты.

Вовлечение непрофессионалов и волонтеров в исследовательские работы неоднократно показало эффективность за рубежом. Наибольший успех отмечают исследователи из Великобритании [Parham & Williams, 2012], США [Price, 2013]. Пример международного проекта - Big Anchor Project, инициированный Морским археологическим обществом (Nautical Archaeology Society), направленный на добровольную фиксацию затопленных якорей [https://biganchorproject.com].

Внедрение схожей практики видится возможным и в России, при условии предварительного обучения и просветительской работы, отмечаемой и в вышеупомянутых работах [Parham & Williams, 2012].

Учитывая описанное, общая идея состоит в том, чтобы формирование постоянной экспозиции тематического музея происходило по вектору:

Виртуальная среда - Интерактивизация - Реальные экспонаты - Временная экспозиция - Постоянная экспозиция.

Интерактивизация предусматривает наполнение реального маршрута или его цифровой модели объектами с расширенной информатизацией и возможностью использования их как интерфейсов для получения дополнительных сведений о маршруте, истории, отдельных объектах и субъектах, интеграцию реконструированных объектов в маршрут.

Алгоритм движения от виртуального к реальному может быть представлен следующим образом:

1. Сбор данных и подготовка материала
2. Создание виртуальной экспозиции, включающей 3D-модель, маршрут и массивы данных.
3. Кластеризация экспозиций и формирование виртуального парка, включающего объединённые массивы данных.
4. Организация подводных экскурсий на объекте, основываясь на данных, полученных при подготовке и имидже, созданном с помощью виртуального парка.
5. Обустройство инфраструктуры и создание натурного подводного парка.

Одним из ключевых вопросов практической реализации программ развития подводных парков стоит вопрос поиска экономических ресурсов. Как правило варианты так или иначе сводятся к одному из трех путей и их комбинаций:

- Целевое государственное финансирование;
- Привлечение соинвесторов с целью создания объекта с туристическим потенциалом;
- Создание самоокупаемого объекта инфраструктуры.

Рассмотренный в работе подход дает возможность создания уже на начальных этапах привлекательной для посетителя экспозиции. При такой схеме обеспечивается частичная самоокупаемость формирования коллекции и постоянное ее изменение, что делает ее привлекательной для многоразового посещения.

Список литературы:

Анисимов И. О. Подводное культурное наследие. Актуальные проблемы международно-правовой охраны / И. О. Анисимов. - 2-е изд, перераб. и доп. – М.: Издательство «Перо», 2015. – 268 с.

Фазлуллин С. М. Подводное культурное наследие // Экологический Атлас. Черное и Азовское моря / ПАО «НК «Роснефть», ООО «Арктический Научный Центр», Фонд «НИР». - Москва : Фонд «НИР», 2019. - с. 343-355

Evans A. M. No Visibility, No Artifacts, No Problem? Challenges Associated with Presenting Buried Sites and Inaccessible Shipwrecks to the Public // Between the Devil and the Deep / ed. Della Scott-Ineron. - New York: Springer-Verlag, 2014. - pp. 131-139

Parham D., Williams M. V. Direct Public Involvement in Underwater Cultural Heritage:a case study // IKUWA 3: Beyond Boundaries, 3rd International Congress on Underwater Archaeology / ed. J. Henderson. - Bonn: Dr. Rudolf Habelt, 2012. - pp. 469-474

Price F. H. Florida's Underwater Archaeological Preserves: Public Participation as an Approach to Submerged Heritage Management // Public Archaeology. - 2013. - vol. 12(4). - pp. 221-241

Scott-Ireton D. A. Shared Heritage: British Shipwrecks in Florida // Shared Heritage: Joint Responsibilities in the Management of British Warship Wrecks Overseas. / ed. S. Gallagher. - London: English Heritage, 2009. - pp. 45–57.

Scott-Ireton D. A., McKinnon J. F. As the Sand Settles: Education and Archaeological Tourism on Underwater Cultural Heritage // Public Archaeology. - 2015. - vol. 14(3). - pp. 157–171.

https://biganchorproject.com

https://uwex.org/#objects

КОНФИГУРИРУЕМАЯ, МАСШТАБИРУЕМАЯ РОБОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ПЛОЩАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АКВАТОРИИ ДИСТАНЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ.

Горлов Иван Олегович[1], Хохлов Сергей Александрович[2].
1. ООО «Центр морских исследований МГУ им. М.В. Ломоносова».
2. ООО «Лаборатория сетевых технологий». Москва.

Проведение комплексных инженерных изысканий на акватории сопряжено с выполнением больших объемов гидроакустических и геофизических исследований, отбором проб, выполнением мониторинговых наблюдений. Несмотря на растущий уровень автоматизации и применение сложного и современного оборудования, доля рутинных задач велика. На практике выполнение площадных исследований сопряжено со значительными временными и ресурсными издержками.

История развития автономных поверхностных аппаратов для морских исследований насчитывает без малого три десятка лет. Однако, не смотря на большое число разрабатываемых и испытываемых моделей и значительные успехи, автономные и полуавтономные аппараты не получили широкого распространения. Такое положение дел является следствием целого ряда причин, из которых хотелось бы выделить, во первых, правовые проблемы эксплуатации автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) и автономных поверхностных аппаратов (АПА)[1]. Во вторых, высокую стоимость и малую доступность таких аппаратов. В третьих - отсутствие стандартизации и ограниченные возможности конфигурирования аппаратов под разные виды работ силами эксплуатантов[2]. Неоднородность информации, передаваемой роботами различных систем, является серьезным препятствием к их объединению в сети. Четвертую проблему составляют ограниченные способности одного аппарата и незначительную или отсутствующую выгоду при его эксплуатации, так как обслуживание аппарата зачастую требует привлечения сил нескольких высококвалифицированных специалистов, что с лихвой компенсирует экономию на работниках выполняющих рутинные функции.

Решению первой проблемы должно способствовать время и распространенность аппаратов. К решению других обозначенных вопросов, по мнению авторов данной работы, возможно приступить в рамках рассматриваемого подхода

Выбор платформы и основные идеи проекта.

Доступность результатов коллективного труда в проектах с открытым исходным кодом, развитое сопровождение и сообщество пользователей обусловило популярность ряда технических решений при построении любительской робототехники.

Означенные факторы и длительное время существования позволило появится на свет ряду смежных проектов использующих общие схемотехнические и программные решения. К таким решениям относятся платформы Pixhawk и Ardupilot[3]. Работоспособность этих технических решений получила широкое признание, свидетельствами которого является использование платформ в ряде научных проектов ведущих университетов мира[4].

[1] Manley J.E. Unmanned surface vehicles, 15 years of development //OCEANS 2008. – Ieee, 2008. – С. 1-4.
[2] Там же.
[3] https://ardupilot.org/
[4] Munz J. Design and Implementation of Software for the ROV Neptunus : дис. – NTNU, 2015.

В силу этого, и ряда других факторов, основой проекта были выбраны обозначенные платформы, имеющие, однако ряд существенных ограничений, препятствующих легкому построению на их базе функциональных АНПА, приспособленных для выполнения работ в рамках морских изысканий. Однако эти ограничения не фундаментальны и могут быть сняты путем соответствующей задачам доработки и создания на базе существующих платформ специализированного ответвления. Вместе с этим мы получаем широкие возможности к созданию необходимого функционала и глубокую интеграцию с промышленными стандартами принятыми в робототехнике и цифровой технике в целом.

Применение данных платформ, помимо обозначенной гибкости разработки, позволяет существенно снизить стоимость создания аппаратов, так как широко использует серийно выпускаемые компоненты с открытой схемотехникой.

Снижая стоимость носителя мы позволяем широким слоя исследователей вовлекать робототехнику в решение их задач и увеличивать качество и количество получаемой информации.

Однако единичные роботы, даже в большом количестве не способны существенно изменить ситуацию. Трудозатраты на управление и контроль функционирования, а также ограничения налагаемые природными условиями и средой при таком варианте растут вместе с количеством аппаратов.

Сеть как форма применения морской робототехники.

Развитие роботехнических сетей стало одним из бурно развивающихся направлений в робототехнике, в том числе морской, в последние годы. Действительно, использование роботов, способных обмениваться собираемой информацией о среде непосредственно, без участия оператора, способных координировать свои действия и эмерджентно дополнять друг открывают новые горизонты их применения.

На сегодняшний день существует гамма программных и технических решений для объединения АНПА, ТНПА[5], АПА, БПЛА[6] и других роботехнических устройств и координации управления ими. Однако многие из них имеют внутренние, не совместимые с другими протоколы обмена информацией и собственные аппаратные требования.

Опыт применения таких надстроек, в экспериментальных работах зарубежных исследователей совместно с платформами Ardupilot и Pixhawk демонстрирует дублирование функций, избыточность в реализации функций автопилота, при существенных ограничениях с точки зрения свободы конфигурирования, однако может быть признан в целом успешным и свидетельствует о пригодности платформы к функционированию в составе роботехнической сети.[7][8]

В рамках проекта предстоит решить задачу создания новой или адаптации одной из существующих платформ сетевого управления для наиболее полного использования функционала платформы автопилота и обеспечения легкости конфигурирования конечного продукта эксплуататором, в соответствии с выполняемыми задачами.

[5] Телеуправляемый необитаемый аппарат

[6] Беспилотный летательный аппарат.

[7] Faria M. et al. Coordinating UAVs and AUVs for oceanographic field experiments: Challenges and lessons learned //2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). – IEEE, 2014. – С. 6606-6611.

[8] Strandell Erstorp E. Evaluation of the LSTS Toolchain for Networked Vehicle Systems on KTH Autonomous Maritime Vehicles. – 2015.

Целевая конфигурация.

С учетом ориентации проекта на функционирование устройств в рамках задач площадных исследований и выполнения осмотровых работ выбрана целевая конфигурация создаваемой роботехнической сети для первого этапа.

Основной испытательной платформой становится поверхностный автономный носитель. При конструировании носителя учитывается необходимость масштабирования его для выполнения задач как на спокойном мелководье, так и в условиях сильных течений и открытого моря. Следует отметить, что добавление систем управления, навигации и телеметрии может превратить почти любое малое судно в АПА. При выполнении сложных задач, которые превосходят возможности одного роботизированного транспортного средства или операций, которые опасны для отдельных юнитов, необходимо непрерывное взаимодействие между различными юнитами, для решения сложных или рискованность морских миссий. Расположение АПА на границе воздушной среды и моря позволяет им ретранслировать радиочастотные передачи в воздухе и акустические передачи под водой.

Для выполнения работ под водой предусматривается создание на единой с АПА платформе управления аппарата, способного функционировать в режиме ТНПА или АНПА. Существенную сложность при создании АНПА до сих пор представляет определение роботом координат своего нахождения под водой в статике и динамике. Однако, при условии развертывания при помощи нескольких АПА длиннобазной навигационной акустической системы в районе работ, удержания АПА с передатчиками заданных координат и возможности АПА и АНПА обмениваться информацией при нахождении последнего пусть и в надводном положении. АНПА может быть получен из ТНПА, путем незначительных модификаций.

Таким образом целью первого этапа проекта является создание унифицированной модульной, конфигурируемой системы управления, единой для ТНПА, АНПА и ТНПА на базе платформ Ardupilot и Pixhawk и развертывание сети из 5 единиц, из которых 4 поверхностные носители, а одно устройство - ТНПА с возможностью автономного выполнения миссий.

Наиболее часто встречающаяся схема среди поверхностных автономных судов - многокорпусная, в основном катамараны. Такой выбор обусловлен высокими ходовыми качествами, простотой и устойчивостью к качке и волнам. Привлекательной также выглядит схема судна с малой площадью ватерлинии (СМПВ), однако она более восприимчива к изменению загрузки и менее универсальна, хотя в ряде случаев ее превосходная устойчивость на волнении не может быть проигнорирована.

Некоторые результаты.

Для выполнения опытно-конструкторских работ и в качестве ходового стенда для отработки технических программных решений также была выбрана схема двухкорпусного судна, имеющего малую парусность, и обеспечивающего легкую замену отдельных частей. Представление схемы приведено на рис 1.

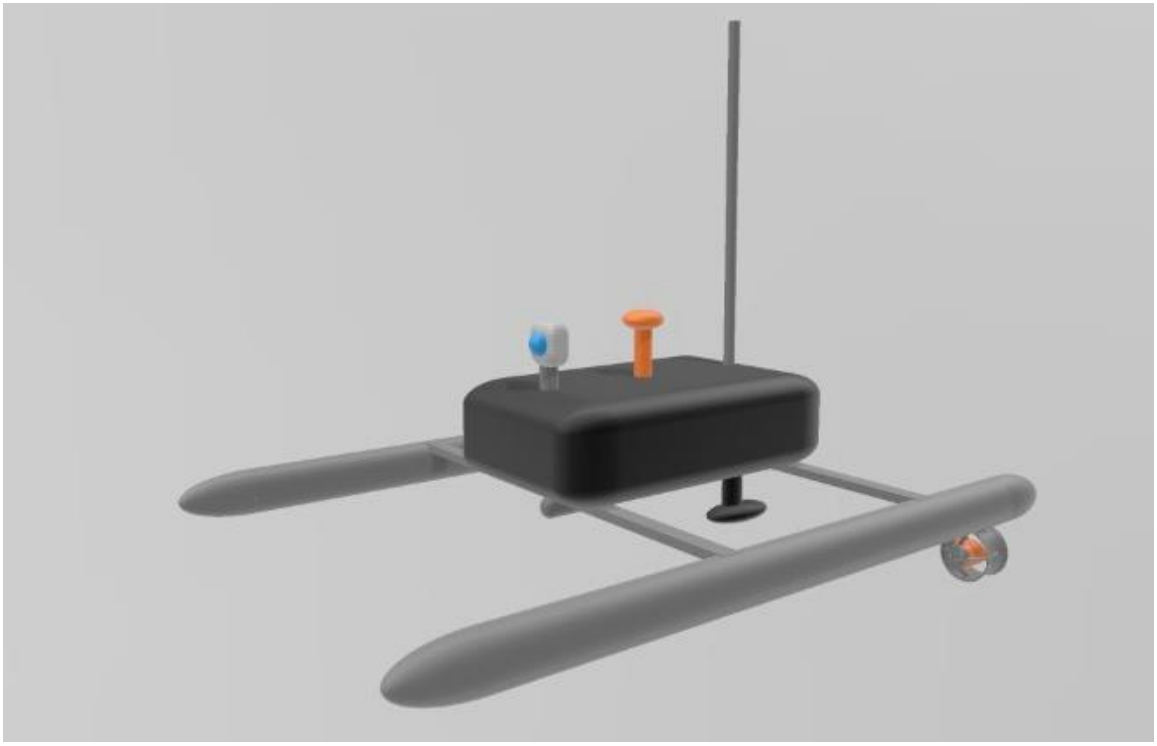


Рис.1 Общий вид стенда-лаборатории для отработки характеристик поверхностного носителя. Схематичная 3D модель.

Схема была выбрана по результатам проведенных летом 2020 года полевых испытаний ходового макета. Двухкорпусной макет был опробован для выполнения реальной задачи в ходе подводных археологических работ в музее-заповеднике Херсонес Таврический и продемонстрировал приемлемые ходовые качества. Полученная с его помощью мозаика гидролокации бокового обзора превосходила по качеству аналогичную, полученную в ходе выполнения съемки этого же места с маломерного судна и потребовала минимум обработки.



Рис. 2. Ходовой макет в процессе выполнения съемки гидролокатором бокового обзора.

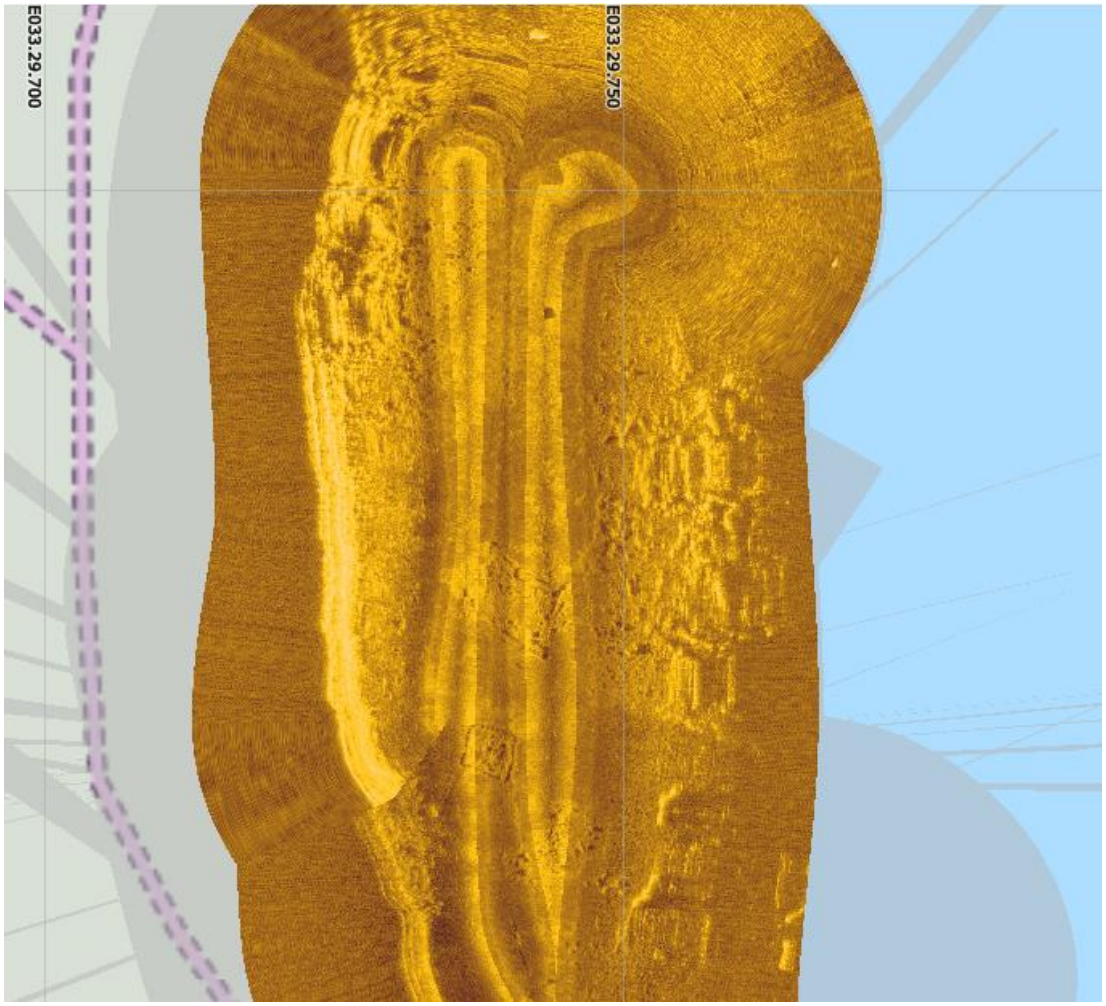


Рис 3. Фрагмент мозаики гидролокатора бокового обзора полученной с помощью АПА.

В заключение хочется отметить, что использование и поддержка проектов с открытым исходным кодом позволяет исследователям решать ресурсоемкие и сложные задачи за относительно сжатые сроки и с привлечением минимальных затрат. В немалой степени этому способствует и ориентация таких проектов на применение технологий аддитивного производства. Таким образом однажды создав инструмент для решения проблемы мы делаем его частью общего инструментария.

Список литературы:

1. Trasviña-Moreno C. A. et al. Unmanned aerial vehicle based wireless sensor network for marine-coastal environment monitoring //Sensors. – 2017. – Т. 17. – №. 3. – С. 460.
2. Faria M. et al. Coordinating UAVs and AUVs for oceanographic field experiments: Challenges and lessons learned //2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). – IEEE, 2014. – С. 6606-6611.
3. Strandell Erstorp E. Evaluation of the LSTS Toolchain for Networked Vehicle Systems on KTH Autonomous Maritime Vehicles. – 2015.
4. Manley J. E. Unmanned surface vehicles, 15 years of development //OCEANS 2008. – Ieee, 2008. – С. 1-
5. Munz J. Design and Implementation of Software for the ROV Neptunus : дис. – NTNU, 2015
6. https://ardupilot.org/

РАССЧЁТ ВОДНО-ИЗОТОПНОГО БАЛАНСА ЧЕРНОМОСКОГО БАССЕЙНА ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКОГО ОПТИМУМА ГОЛОЦЕНА.

Дикарёв Василий Андреевич
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Введение

История Черноморо-Азовского бассейна с момента соединения через Босфор со Средиземноморским бассейном до сих пор является предметом дискуссии, равно как и время и характер самого соединения, датируемого примерно 8-9 тыс. лет назад. В отечественной литературе преобладает разделение этого периода на четыре трансгрессивные эпохи: Древнечерноморская, Новочерноморская, Нимфейская и Современная, разделённые регрессиями. Масштабы и хронология данных циклов также до конца не определены. В нашей работе мы попытались сопоставить масштабы поступления соленых вод из Средиземного моря в опреснённый Новоэвксинский бассейн после их соединения и посмотреть, как мог при этом изменятся уровень моря при известных значениях палеоизотопного состава воды.

Данные и методы

Для изучения водно-изотопного баланса была составлена формула, где учитывались все основные параметры поступления и расхода воды и её изотопного состава. Изотопно-материальный баланс для современного бассейна Черного моря, при условии приблизительного равенства прихода и расхода принял следующий вид [Дикарёв, Николаев 2015]:

Vрекх δ18Орек +Vатм.ос.х δ18Оатм.ос. + Vиз Аз.м.х δ18ОАз.м. + V из Ср.м. х δ18О Ср.м.=Vсток в Босфх δ18О Чер.м. + Vисп.х δ18Оисп. +Vв Аз.м.х δ18О Чер.м.

где Vрекх δ18Орек – поступление изотопа кислорода со стоком рек; Vатм.ос.х δ18Оатм.ос. – поступление изотопа кислорода с атмосферными осадками; Vиз Аз.м.х δ18ОАз.м. – поступление изотопа кислорода из Азовского моря; V из Ср.м. х δ18О Ср.м. – поступление изотопа кислорода из Средиземного (Мраморного) моря; Vсток в Босфх δ18О Чер.м. – сток через Босфор; Vисп.х δ18Оисп. – испарение; Vв Аз.м.х δ18О Чер.м. – отток в Азовское море.

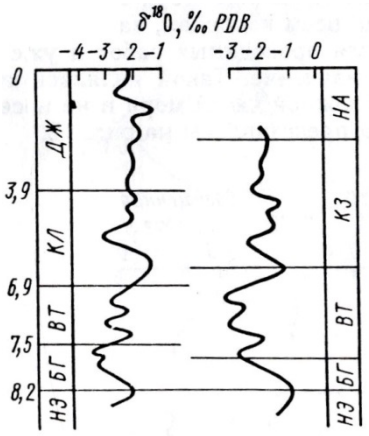
На первом этапе работы были посчитаны изменения изотопного баланса при понижении уровня моря в период регрессий, и, соответственно глубины Босфорского порога и изменения водообмена с Мраморным и Азовским морями. В ходе проделанных вычислений выяснилось, что изменение изотопного состава под влиянием ограничения поступления Средиземноморской воды будет составлять ничтожно малую величину 0,2-0,3‰ за тысячу лет. Следовательно, изменения уровня не могли стать причиной изменения изотопного состава воды [Дикарёв, Николаев 2015].

На втором этапе исследования мы решили проверить насколько изменение пресноводной составляющей изотопно-кислородного баланса могло влиять на изменения изотопии всего моря. По результатам исследований Торопова-Кислова модельный годовой сток с территории Восточно-Европейской равнины в эпоху атлантического оптимума мало отличался от современного. В таблице 1. приведены расчеты моделей общей циркуляции атмосферы (МОЦА) по воспроизведению стока в Черноморский бассейн с территории Восточно-Европейской равнины 6 тыс. лет назад приведённые в диссертации Торопова и опубликованные в статье [Kislov A., Toropov P., 2006]. Как видно из таблицы, несмотря на значительные расхождения между отдельными моделями, среднее значение стока, а также данные «лучших» моделей, наиболее точно воспроизводивших современное состояние, для

позднеатлантического оптимума близко к современному и составляет 319 и 305 км^3/год соответственно [Торопов, 2006].

Таблица 1. Воспроизведение моделями годового стока, (СТОК, км3) с территории Восточно-европейской равнины 6000 календарных л.н. и его относительного отклонения (ОТКЛ, %) от современного [Торопов, 2006].

	Ч Е Р Н О Е М О Р Е	
МОЦА	СТОК, км^3	ОТКЛ[1]
BMRC	337	>1000
CCC2	181,7	-1
CCM3	**375,2**	**5**
CCSR	**304,2**	**-11**
CNRM1	**185,8**	**-29**
CSIRO	30,5	-88
ECHAM3	101,3	-37
GEN2	250,2	11
GFDL	236,2	-1
GISS	14,5	-65
LMD5	1088,4	67
MRI2	239,2	3
UGAMP	**327,5**	**-2**
UKMO	**335,7**	**11**
UIUC	521,2	1
YONU	575,7	2
АНСАМБЛЬ	**319**	**9**
ЛУЧШИЕ	**305,7**	**-5**



В то же время и изотопный состав $\delta^{18}O$ раковин моллюсков Черного и Азовского морей был примерно равен нынешнему в этот период (рис. 1). Подставляя в уравнение значения пресноводного стока, равное 319 и 305 км^3/год мы получаем изменения содержания изотопа $\delta^{18}O$ 200-метровом приповерхностном слое в 0,0012‰ в год. Это на порядок более высокие значения, чем были получены нами при расчёте изменения изотопии в результате поступления Средиземноморских вод. Экстраполируя подобное изменение изотопии мы можем получить падение общей изотопии бассейна до 1‰ за тысячу лет, при сохранении постоянства изотопного состава речных вод.

Рис. 1 Кривая колебания $\delta^{18}O$ для Чёрного и Азовского морей [Николаев, 1995].

Заключение

На основании результатов произведённых нами расчетов можно сделать вывод, что изменение изотопного состава, а также связанной с ним солености вод Черноморо-Азовского бассейна в голоцене происходило за счёт изменения объемов и изотопного состава поступающего в бассейн пресноводного стока. Связь же со Средиземным морем и влияние его вод поступающих через Босфорский порог имело гораздо меньшее значение. В дальнейшей работе мы попытаемся проследить, как отражалось изменение изотопии в отобранных нами образцах раковин моллюсков на различных участках побережья.

Благодарности

Автор благодарит доцента кафедры метеорологии и климатологии географического факультета МГУ Павла Алексеевича Торопова и профессора физического факультета МГУ Олега Евгеньевича Нания за консультационную поддержку.

Список литературы

Ветштейн В.Е. Изотопы кислорода и водорода природных вод СССР, Л.: Недра,1982, 216 с.

Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Черное море. Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1991. Т.4, вып. 1. 429 с.

Джаошвили Ш. Реки Черного Моря. Европейское агентство по охране окружающей среды/Технический отчёт, 2014, 58 с. Илл.

Дикарёв В.А., Николаев С.Д. Изотопный баланс Черноморо-Азовского бассейна в позднем голоцене. Актуальные проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена: Материалы Всероссийской конференции «Марковские чтения 2015 года», М.: Географический факультет МГУ, 2015, с. 61-63

Николаев С.Д. Изотопная палеогеография внутриконтинентальных морей. М.: Изд-во ВНИРО, 1995. 127 с.

Торопов П.А. Температурный режим и условия увлажнения восточно-европейской территории России в контрастных климатических условиях: Автореф. Канд. Дис. М., 2006. 29 с.

Ферронский В.И., Поляков В.А. Изотопия гидросферы. М.: Наука, 1983. 277 с.

Чижова Ю.Н., Добролюбов С.А. и др. Оценка влияния под малых рек на приповерхностные воды Чёрного моря по изотопным данным // Вестн. Моск. Ун-та Сер. 5. География. 2011. №6.

Kislov A., Toropov P. Paleo sea-level changes in the Black Caspian Seas: Links to river runoff and global climate change. Pages News, Vol.14, №1, April 2006 p. 36-37.

РЕЧНОЕ КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ ДОЛИНЫ РЕКИ ОКИ

Степина Мария Николаевна
Российский государственный гуманитарный университет

Аннотация: в статье рассматриваются вопросы взаимосвязи между заселением территорий людьми и географическим положением заселяемой местности. Важность рек в формировании культурных ландшафтов.

Ключевые слова: речное историко-культурное наследие, долина реки Оки, русло реки, каменный век, речное судоходство, археологические культуры Поочья, город, ландшафт, природный ландшафт, культурный ландшафт.

Вопрос сохранения историко-культурного наследия остается важным во все времена. Человек не может существовать без своего прошлого. Знания, опыт, а также культура и история, оставленные нам предками, служат базой и основой для нашего сегодняшнего развития. Наследие может принимать различные формы, так, во всем многообразии памятников материальной и нематериальной культуры следует выделить особняком речное (водное) историко-культурное наследие. Речное наследие не исчерпывается исчезнувшими в прошлом памятниками, которые не подлежат восстановлению. Также, не ограничивается затопленными артефактами, которые подлежат консервации и сохранению. К данному виду наследия относится всё – от различного вида плавательных средств, орудий, технологий производства судов, до портовых сооружений, доков, дамб, рыболовецких станций, речных портов и т.д.

В любом историческом периоде реки были главными артериями и связующими элементами между различными территориями, землями и государствами. Первые в истории государства и цивилизации возникали в долинах крупных рек. Это было связано с исключительной ролью в жизни людей сельского хозяйства.

Для Росси, начиная с раннего средневековья, в процессе формирования русской цивилизации (интегральная цивилизация различных народов, проживавших в пределах Русской равнины), практически по всей территории Русской равнины сложилась система бытования, которая в существенной части так же формировалась вдоль рек[1].

Речная сеть центра и севера Русской равнины начала закладываться 13-15 тыс. лет назад после освобождения территории от последнего ледникового покрова.

Река Ока самый крупный правый приток Волги. Ее длина — 1498,6 км. Площадь бассейна — 245 тысяч км². У истока высота над уровнем моря 221 метр, в устье – 64 метра над уровнем моря. Максимальная ширина поймы в среднем течении – около 2,5 км. Долина Оки образовалась задолго до ледникового периода, в верховьях она глубоко врезанная, преимущественно узкая со значительными уклонами. Река берет свое начало на Среднерусской возвышенности в деревне Александровка Глазуновского района Орловской области. В конце своего течения Ока доходит до Нижнего Новгорода и впадает в Волгу. Ока протекает по территории следующих областей: Орловской, Тульской, Калужской, Московской, Рязанской, Владимирской и Нижегородской.

[1] Фазлуллин С.М. Речное историко-культурное наследие Русской равнины. // Сборник Межрегиональной научной конференции Русский Север-2017: Проблемы изучения и сохранения историко-культурного и природного наследия. – 2017.

История древнейшего освоения лесной полосы человеком тесным образом связана с речными долинами, в которых концентрировались многочисленные стоянки разных эпох. При заселении природного ландшафта (речных долин) людьми происходит его трансформация. Человек начинает подстраивать под себя окружающий мир. Так появляется культурный ландшафт, который формируется в результате сознательной, целенаправленной деятельности человека для удовлетворения тех или иных его потребностей.

Первые поселения в долине реки Оки относятся к каменному веку. На территории всех семи областей, через которые протекает река, имеются древнейшие памятники археологии, которые датируются периодом позднего палеолита - 20-10 тыс. лет до н.э., и периодом мезолита – 8-6 тыс. лет до н.э.

Этническую принадлежность населения тех эпох точно определить невозможно, известно, что это был человек современного биологического типа – кроманьёнец. Самая известная стоянка в долине реки Оки, которая датируется периодом от 17 900 до 24 000 лет назад – это Зарайская стоянка в Московской области.

На территории Волго-Окского междуречья имеется три мезолитических культуры: иеневская, бутовская и рессетинская. Период существования данных культур 11 000 – 6 000 лет до н.э.

В конце каменного века и в начале эпохи бронзы, около 4 000 лет до н.э., на территории Русской равнины появляются индоевропейцы. На территории всех семи областей, по которым протекает Ока, распространены памятники и находки фатьяновской археологической культуры. Данная культура датируется второй половиной III тыс. - серединой II тыс. до н.э. Фатьяновская культура входила в большую историко-культурную общность культур с боевыми топорами и культур шнуровой керамики, относившуюся к индоевропейской семье народов.

Свое существование данная культура прекратила с появлением в Волго-Окском междуречье племен абашевской культуры, культуры «текстильной» керамики и поздняковской культуры. Это период со II тыс. до н.э. до начала I тыс. н.э.

В результате сложного смешения и взаимодействия потомков этих культур на территории Русской равнины в эпоху железного века образовались ранние городищенские культуры: дьяковская (на территории Московской и Владимирской областей, период существования: VII в. до н.э. - V в. н.э.), городецкая (на территории Нижегородской и Рязанской областей, период существования: VII в. до н.э. – II в. н.э.), юхновская (на территории Орловской области, период существования V - II в. до н.э.) и др.

Предположительно, первые славяне появились на верхней Оке в конце IV в. н.э. Это было население, покинувшее ареал обитания черняховской культуры. В этот период на Оке существовало местное население мощинской культуры (выделилась из юхновской при взаимодействии с пришлой зарубинецкой культурой).

Новый значительный прилив славянского населения на верхней Оке фиксируется в VIII в. однако, определить регион, откуда шла миграция сложно. Находки VIII – X вв. верхнеокского региона имеют непосредственную связь со славянскими племенами вятичей. Кроме славянских племён, на этих территориях также проживали и финно-угорские племена, которые были вытеснены или ассимилировались с вятичами.

В X – XII вв. вятичи постепенно расселились вниз по Оке, освоили весь бассейн Москвы-реки. Заселили рязанское Поочье.

После XII века о вятичах нет прямого упоминания в летописных источниках, а их земли вошли в состав Черниговского, Ростово-Суздальского и Рязанского княжеств.

Далее на территории Русской равнины формируется Московское государство, потом появляется Российское. Территория остаётся той же, а культурные слои сменят друг друга, наслаиваются, трансформируются.

Территория долины реки Оки в различные периоды заселялась многочисленными разнообразными народами. Важной составляющей в жизни этих людей были реки, вдоль берегов которых образовывались поселения, а сами они служили важными транспортными путями. Река – градообразующий элемент, а город или поселение, появившееся на реке имеет особенности, присущие только для речного типа поселения. Все это позволяет говорить о богатстве историко-культурного наследия на территории не только долины реки Оки, но и всей Русской равнины.

Список литературы:

Авдусин Д.А. Основы археологи., М. 1989 г.

Азаров Е.С. Карта археологических памятников с «текстильной» керамикой периода поздней бронзы Окского бассейна // Оки связующая нить: археология Среднего Поочья: Сборник материалов 6 региональной научно-практической конференции (Ступино. 6 марта 2013 г.) / [под общей ред. Э.Э. Фомиченко]; Муниципальное бюджетное учреждение культуры «Ступинский историко-краеведческий музей» Ступинского муниципального района. – Коломна: Инлайт, 2013. – с. 4 – 16.

Арцыховский А.В. Курганы вятичей. – М., 1930 г.

Беспалов Ю.В. Земля вятичей. – М., 2007 г.

Загоскин Н. П. Русские водные пути и судовое дело в допетровской России. Казань, 1910г.

Трошина А.А. Становление культурных ландшафтов среднего течения Оки в железном веке и раннем Средневековье: диссертация ... кандидата исторических наук: 07.00.06 / Трошина Алла Андреевна; [Место защиты: Институт археологии Российской академии наук].
- Москва, 2019. - 182 с.: ил. + Прил. (141 с.: ил.)

Фазлуллин С.М. Изучение и сохранение подводного историко-культурного наследия /Электронное периодическое рецензируемое научное издание, 2012

Фазлуллин С.М. Подводное культурное наследие и проблемы его музеефикации / Вопросы музеологии №1(15) 2017 г.

Фазлуллин С.М. Речное историко-культурное наследие Русской равнины // Сборник Межрегиональной научной конференции Русский Север-2017: Проблемы изучения и сохранения историко-культурного и природного наследия. – 2017.

РЕПЛИКИ ИСТОРИЧЕСКИХ ПЛАВСРЕДСТВ: ТИПОЛОГИЯ И ФОРМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Платонова Оксана Анатольевна[1]

[1] *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный гуманитарный университет» г. Москва,*

Введение

Данная работа посвящена разработке типологии реплик исторических плавсредств и выявлению форм их использования. Возникновение такого социокультурного явления, как строительство реплик исторических судов, обусловлено многими причинами. Первые попытки воссоздания исторических кораблей были предприняты еще в XIX веке в Европе и в России - были воссозданы памятники национальной морской истории – Каравеллы Колумба, корабли викингов, флотилия Петра I. В современном мире цели строительства судна-реплики могут быть самыми разнообразными: историческое исследование технологии и методов кораблестроения («археологический эксперимент»); изучение культуры времени, к которому относилось судно-оригинал; проверка в экспедициях на практике различных научных гипотез; создание корабля-музея; использование в учебно-воспитательных целях при подготовке моряков в высших учебных заведениях; при воспитании подрастающего поколения в духе национальных морских традиций; использование в сфере туризма и кинематографе. В том числе, одной из самых главных целей является поиск национальной самоидентификации и противостояние стремительной глобализации мира.

Реплики исторических судов являются важным элементом национального Морского и речного культурного наследия России и наша страна обладает признанными во всем мире мастерами и многолетними традициями строительства реплик исторических кораблей.

Актуальность исследования настоящего исследования обусловлена необходимостью изучения такого социокультурного феномена, как строительство реплик исторических плавсредств и сохранения опыта строительства этих реплик на территории России и стран бывшего СССР, а необходимостью разработки их типологии и изучения форм использования.

Объектом исследования является социокультурный феномен строительства реплик исторических плавсредств на территории России во второй половине XX века – начале XXI века.

Предмет исследования – вопросы создания типологии реплик исторических плавсредств, построенных на территории России во второй половине XX века – начале XXI века и формы их использования.

Цель работы – описание социокультурного феномена строительства реплик исторических судов, попытка изучения и формирования типологии реплик исторических плавсредств и выявление возможных форм их использования.

Создание реплик исторических судов является важной частью изучения истории кораблестроения, формирования и развития национальной школы кораблестроения и технологий парусного флота.

Также целью данной работы является привлечение внимания к необходимости изучения феномена строительства реплик исторических плавсредств как элемента национального морского культурного наследия России, требующего подробного исследования и сохранения для будущих поколений.

Были поставлены следующие задачи:

- освещение истории появления реплик исторических плавсредств в Европе;
- изучение центров строительства реплик на территории России и стран бывшего СССР, причин их возникновения, истории и этапов развития;
- изучение и попытка создания типологии реплик исторических плавсредств, поиск способов их идентификации, выявление строения исследуемой системы и ее закономерностей;
- выявление возможных форм их использования.

Хронологические рамки работы ограничены второй половиной XX в. – началом XXI в., т.к. именно на этот период приходится самое массовое строительство исторических реплик плавсредств в России и странах бывшего СССР.

Методология исследования сочетает в себе подходы естественных и гуманитарных наук.

Для решения поставленных задач применялись следующие методы научного исследования:

- историко-генетический метод – позволил рассмотреть генезис происхождения и этапы развития строительства реплик исторических плавсредств;
- историко-сравнительный метод – сопоставление зарубежной и отечественной практики строительства исторических реплик;
- историко-системный метод позволил рассмотреть феномен строительства реплик судов в историческом развитии, попробовать провести анализ его структуры и функций, существующих внутренних и внешних связей, а также изучить динамические изменения.
- хронологический и проблемный методы были использованы при изучении изменения роли реплик исторических судов в последние десятилетия в связи с изменениями в российском обществе.

Также были применены следующие общенаучные методы:

- системный анализ – был проведен анализ нормативно-правовых документов и существующей по теме литературы;
- дедукция – был применен накопленный мировой опыт при решении проблем в данном вопросе;
- прогнозирование;
- интервьюирование – были проведены интервью и опросы мастеров-корабелов, занимающихся данной проблематикой.

Заключение

В данной работе исследован следующий социокультурный феномен - строительство реплик исторических плавсредств.

Результатом исследования явилась попытка предложить типологию реплик исторических плавсредств и выявление форм их использования в современном мире.

Опираясь на результаты исследований, предлагается следующая типология реплик исторических судов:

- Научная реконструкция (археологический эксперимент) с соблюдением всей технологии строительства исторических плавсредств.
- Реконструкция исторических плавсредств с использованием современ-ных инструментов и материалов.
- Традиционное судостроение. Традиционное народное судостроение» – термин, который обозначает строительство и использование различными этносами разнообразных средств передвижения по воде в местах их постоянного проживания для ведения традиционного хозяйства при использовании знаний, технологий и опыта, передаваемых по традиции из поколения в поколение. Термин «народное судостроение», наряду с земледелием, ремеслами, промыслами, фольклором и деревянным зодчеством, является важной составной частью материального и нематериального культурного наследия, определяющей ее многообразие.

В процессе работы были изучены и выявлены следующие формы использования реплик исторических плавсредств:

- Использование в научных целях для проведения археологического эксперимента (Археологический эксперимент. экспериментальная археология – источник практических знаний о мореходах, мореплавании).
- Использование в качестве учебно-тренировочного судна.
- Использование в качестве корабля-музея.
- Использование в туристических, рекреационных и кинематографических целях.

В настоящее время проблема изучения становления и развития российского кораблестроения носит глобальный характер, это подтверждается повышенным интересом

отечественных и зарубежных исследователей к изучению исторического опыта появления национальной кораблестроительной школы и создания реплик старинных судов в России.

Эти эксперименты можно назвать попытками противостоять процессам всемирной глобализации, поисками национальной самоидентификации, потребностью ощутить себя причастным к истории своей страны, сохранить и передать следующим поколениям свою уникальную культуру.

С другой стороны, многие подобные проекты, даже если они не имеют официального статуса и финансирования, представляют большой интерес для историков и археологов, и тогда заинтересованные ученые обычно принимают участие в работе наравне с остальными. Они документируют технологию, готовят научные и популярные публикации, и ход проекта освещается СМИ.

Помимо научно-исследовательских целей эксперимент по строительству реплик исторических плавсредств служит популяризации исторических знаний, превращает историю из теоретической дисциплины в дело более наглядное и практическое. Строительная площадка, где демонстрируются старинные методы и приемы в действии, а также возможность даже кратковременной ознакомительной поездки на судне, сшитом без единого гвоздя, всегда вызывает живой интерес и может взаимовыгодно сочетаться с туристическим и рекламным бизнесом.

Практическая значимость работы: материалы данного исследования могут быть использованы для дальнейшего исследования и углубленной разработки типологии реплик исторических судов и уточнения и выявления новых форма их использования. Представленную работу можно рассматривать как подготовительный этап для более развернутого и углубленного изучения социокультурного феномена строительства реплик исторических плавсредств на территории нашей страны.

Благодарность

Автор выражает благодарность научному руководителю - кандидату географических наук, доценту Кафедры Музеологии ФГБОУ ВО «Российский государственный гуманитарный университет», Фазлуллину Сергею Маратовичу.

Список литературы

Боголюбов Н. История корабля. Том 1. – Москва : Типография Л.Ф. Снегирева, 1879.

Боголюбов Н. История корабля. Том 2. – Москва : Типография Л.Ф. Снегирева, 1880.

Дубровин Г.Е, Окороков А.В., Старков В.Ф., Черносвитов П.Ю. История северорусского судостроения. – Санкт-Петербург, 2001. - 404 с.

Зименкова Ф.Н., Талых А.А. Опыт изучения и изготовления в ВУЗах малых деревянных судов на факультативном курсе «Историческое и народное судостроение»// «Наука и школа». - 2015. - № 5, с. 177-183.

Крайнюков В.Г. Мартусь В.В. «Штандарт». 28-пушечный фрегат. – Санкт-Петербург. - 1998.128 с.

Крайнюков В.Г. Реконструкция проектной документации фрегата «Штандарт» // Морская история, археология и реконструктивное проектирование старинных судов : сборник докладов семинара. – Санкт-Петербург, 1999. - С. 20-30;

Мартусь В.В. Строительство копии фрегата «Штандарт»// Морская история, археология и реконструктивное проектирование старинных судов : сборник докладов семинара. – Санкт-Петербург, 1999. - С. 16-19

Мельник И., Боделан И. «Историческое мореплавание в моделях и реконструкциях»

Мозговой С.А. «К вопросу определения статуса морского культурного наследия»// Журнал института наследия, сетевое научное рецензируемое издание ISSN 2411-0582 2016/3(6), с. 1-16.

Мозговой С.А., Филин П.А. Опросные листы для выявления и описания морского наследия. – Москва: Институт наследия, 2011.

Мондфельд Вольфрам. Модели исторических судов. 146 с.

. *Наймарк М.* Несколько проектов по реконструкции традиционных шитых судов Русского Севера// Альманах «Соловецкое море».

Наймарк М. Поморская шняка в плавании по Онежскому озеру и Белому морю// Альманах «Соловецкое море».- 2006. - № 5.

Наумов Ю.М. «Veneh» – лодка по-карельски: О народном судостроении и судоходстве карел в районах их традиционного проживания и ведения хозяйства// Музей-заповедник «Кижи». – Петрозаводск, 2017. - 256 с.

Наумов Ю. М. Домашние верфи Сегозерья // Катера и яхты. - 2010. - № 5 (227). С. 130–133;

Наумов Ю.М. История и современное состояние традиционного судоходства и судостроения Кижской волости// Кижский вестник. - №11.

Музей-заповедник «Кижи». – Петрозаводск, 2007 - 258 с.

Наумов Ю. М. О результатах работы музея «Кижи» по изучению истории и современного состояния традиционного народного судостроения в 1999–2012 гг. // Сохранение морского наследия в музеях России. - Калининград, 2012. - С. 94–103;

Наумов Ю. М. Результаты экспедиций 2000-2009 гг. по изучению истории и современного состояния традиционного народного судостроения бывшей Олонецкой губернии // Полевые этнографические исследования: Материалы восьмых Санкт–Петербургских этнограф. чтений. - Санктпетербург, 2009. - С. 97–102;

Пруссакова Е. «Святитель Петр ходит по морям»// «Международный иллюстрированный журнал «Турист». – 2008. -№ 1.

Филин П.А., Курноскин С.П.. Народное судостроение в России: энциклопедический словарь судов народной постройки // М-во культуры Рос. Федерации, Музей Мирового океана. - Санкт-Петербург : Гангут, 2016. – 395 с.

Филин, П. А. Судостроение Соловецкого монастыря: Лодья "Преподобный Зосима": труды Морской арктической комплексной экспедиции / П. А. Филин ; под общ. ред. П. В. Боярского ; Рос. НИИ культ. природ. населения и др. - Москва : Российский научно-исследовательский институт культурного и природного наследия, 2004. – 177 с.

К ВОПРОСУ О РЕПРЕЗЕНТАЦИИ ПОДВОДНОГО КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ В МУЗЕЯХ КАМПЕЧЕ (МЕКСИКА) И КАРТАХЕНЫ (ИСПАНИЯ)

Борисова Галина Александровна
Российский государственный гуманитарный университет, Москва

На настоящий момент в мире существует относительно небольшое количество специализированных музеев подводной археологии. Представляется интересным сравнить два из них – музей подводной археологии, расположенный в городе Кампече на побережье Мексиканского залива, и музей подводной археологии, расположенный в Картахене на берегу Средиземного моря. Данные музеи выбраны не случайно – в обоих случаях часть экспозиции посвящена экспедициям через Атлантику и экспонируются предметы, обнаруженные во время исследований затонувших испанских галеонов.

Музей подводной археологии, Кампече, Мексика

Мексиканский Музей подводной археологии был открыт в 2017 г. внутри форта Сан-Хосе-эль-Альто XVIII в. – согласно надписи, которая до сих пор сохранилась на фасаде, строительство форта было завершено 9 августа 1792 г. Форт можно увидеть на плане, составленном в 1799 г., где указано, что его площадь составляет 1828,79 м^2. Форт представляет собой квадратную крепость, окруженную рвом. Вокруг открытого внутреннего двора расположены помещения, изначально служившие жилыми комнатами для солдат, кладовыми, кухней и часовней. В комнатах имелись небольшие окна, которые выполняли двойную функцию: освещали интерьеры и являлись бойницами. В центре внутреннего двора находится цистерна для хранения запасов питьевой воды [Museo de Arqueología Subacuática Fuerte de San José].

С декабря 2017 г. в форте Сан-Хосе-эль-Альто в Кампече размещается ранее не выставлявшаяся коллекция предметов, которые были обнаружены во время подводных археологических исследований в Мексиканском заливе, Карибском море, сенотах, а также в реках, озерах и лагунах. Систематическое изучение, консервация и реставрация объектов подводного культурного наследия проводились отделением подводной археологии Национального института антропологии и истории в рамках различных проектов в течение 40 лет [Museo de Arqueología Subacuática Fuerte de San José]. Свою работу музей основывает на принципах, изложенных в Конвенции ЮНЕСКО «Об охране подводного культурного наследия» 2001 г. – Мексика ратифицировала Конвенцию в 2006 г. Музей подводной археологии относительно небольшой и состоит из 6 залов.

В первом зале находится вводная экспозиция с информацией о подводной археологии в целом, ее целях, задачах, методах исследований. Кроме того, представлены материалы по охране подводного культурного наследия, подчеркивается важность междисциплинарной работы и применения новых технологий.

Зал №2 является стилизованной пещерой. В экспозиции представлены интерактивные материалы и карты, объясняющие как формировалась территория полуострова Юкатан в течение 165 миллионов лет. Среди экспонатов можно выделить череп саблезубого тигра, а также точную копию черепа Найи. В 2007 г. в подводной пещере Ойо-Негро был обнаружен череп и фрагменты скелета девочки-подростка, которую назвали Найя, возраст останков оценивается в 12-13 тысяч лет – это один из самых старых человеческих скелетов на

Американском континенте [Борисова, 2018]. Кроме того, хорошая сохранность материала позволила провести ДНК-анализ.

Зал №3 посвящен культуре майя, многие находки происходят из сенотов и отражают различные аспекты ритуальной деятельности. Отдельно стоит выделить 3 доклассических сосуда для приготовления какао, которые также были обнаружены в сенотах. Кроме того, необходимо отметить высокий уровень мореплавания у древних майя, сложную систему торговых маршрутов и развитую портовую инфраструктуру. В зале представлены схемы морских и речных торговых путей и фигурки с острова Хайна, расположенного к северу от Кампече и являвшегося важным религиозным центром.

Зал №4 посвящен навигации, открытию Нового Света и первым плаваниям испанцев через Атлантический океан. Выставлены различные предметы с кораблекрушений XVI- XVIII вв.: навигационные инструменты (компас, астролябия, секстант и пр.), бронзовая полукулеврина XVI в. с кораблекрушения на Кайо-Нуэво I, считающаяся старейшей пушкой такого рода в Западном полушарии, и др. Кроме того, в зале находится большая интерактивная панель с информацией про виды подводной археологии в Мексике, включающие в себя исследования в морях, озерах, сенотах, пещерах и реках.

В зале №5 выставлены предметы из золота, изумрудов и других драгоценных камней, а также серебряные монеты, обнаруженные в ходе исследований затонувшего корабля Ancla Macuca в Мексиканском заливе. В коллекция находятся 211 золотых изделий (в основном украшения), которые датируются первой половиной XVIII в. Интерактивная панель предоставляет доступ к различной информации про подводные исследования данного корабля и большому количеству фото- и видео-материалов.

В зале №6 представлены различные находки, относящиеся к более поздним периодам, а также макеты кораблей.

Национальный музей подводной археологии ARQVA, Картахена, Испания

В Испании Национальный музей морской археологии и Национальный центр подводных археологических исследований были созданы в 1980 году и официально открылись в 1982 году в Картахене. Это событие положило начало интенсивной программе систематических исследований на испанском побережье Средиземного моря, а также профессиональным курсам дайвинга и подводной археологии. Наиболее известными стали находки двух финикийских кораблей возле острова Масаррон, которые получили названия Масаррон I и Масаррон II. С 90-х гг. музей регулярно проводит подводные археологические исследования, организует международные форумы и конференции, а ведет активную научно-исследовательскую и образовательную деятельность. За 20 лет работы в фондах музея было накоплено значительное количество экспонатов, для которых требовались новые выставочные пространства, а также современные лаборатории для консервации и реставрации предметов, извлеченных из воды. В 2002 г. началось строительство нового здания музея подводной археологии, которое завершилось в 2008 г. – площадь нового музея составила 6000 м² [Azuar Ruiz, Blas Reigosa, 2010]. В 2005 г. Испания ратифицировала Конвенцию ЮНЕСКО «Об охране подводного культурного наследия», и данная конвенция находит свое отражение в музее, в том числе и в виде прямых цитат. В 2012 г. в отдельном здании были открыты лаборатории музея. Помимо выставочных залов в здании музея располагаются лаборатории, запасники, конференц-зал, библиотека и образовательный комплекс, а также магазин и кафе.

В настоящее время музей разрабатывает несколько научно-исследовательских направлений, среди которых работы на корабле «Нуэстра-Сеньора-де-лас-Мерседес» (2015, 2016 и 2017 гг.), проекты по консервации и реставрации предметов из органических и неорганических материалов, исследования других испанских кораблей, находящихся в международных водах и др. [Azuar Ruiz, Blas Reigosa, 2010].

Постоянная экспозиция разделена на две основные области. Первая из них посвящена подводному культурному наследию в целом. С помощью интерактивных и мультимедийных средств подробно раскрывается процесс предварительных исследований, виды подводных археологических памятников, цели и задачи подводных исследований, методика и процесс подводных раскопок. Кроме того, выделена необходимость защиты подводного культурного наследия, сохранение памятников in situ, способы консервации дерева и других материалов. Отдельный акцент сделан на консервации дерева, подробно описываются процессы, происходящие при длительном нахождении деревянных предметов под водой, а также методы консервации.

В отдельной зоне представлена 3Д-модель финикийского корабля Масаррон II, которая отображает различные этапы работы с подводным культурным наследием. Корма изображена в том виде, в котором ее впервые обнаружили исследователи, и почти полностью покрыта песком; средняя часть корабля отражает процесс раскопок; носовая часть показывает завершающую стадию – ее уже закрывает защитная конструкция для сохранения памятника in situ. В следующей интерактивной зоне посетители могут погрузиться в процесс работы в лабораториях. В качестве примеров используются 5 разных объектов с представленного ранее финикийского корабля.

Вторая крупная область музея носит название «Mare Hibericum». В ней экспонируются многочисленные предметы, обнаруженные во время подводных археологических исследований финикийских, греческих, римских, византийских, а также более поздних кораблекрушений в Средиземном море. Кроме того, представлена история развития кораблестроения. Следующей важной составляющей музея является мультимедийная библиотека, в которой в открытом доступе находится объемная база материалов по подводному культурному наследию. Информация в ней регулярно обновляется и актуализируется.

В 2014 году в музее открылась постоянная выставка «Океанская навигация», в которой экспонируется груз фрегата «Нуэстра-Сеньора-де-лас-Мерседес». Данный фрегат в 1804 г. перевозил груз из Перу в Испанию, однако был потоплен недалеко от побережья Португалии во время битвы с британским флотом. В 2007 г. американская компания Odyssey Marine Exploration сообщила об обнаружении корабля и его груза, состоявшего из более чем 500 000 золотых и серебряных монет, общим весом около 14 тонн. После чего, испанское правительство подало иск в суд штата Флорида с требованием передать обнаруженные ценности Испании. Судебные разбирательства продолжались 5 лет, и в 2012 г. все поднятые на тот момент предметы были переданы в Национальный музей подводной археологии ARQVA [Temporary exhibition “Science Vs. Plunder”, 2018].

Подобные юридические споры регулярно возникают при обнаружении галеонов – наиболее остро стоит вопрос о принадлежности груза. Из колоний в метрополию вывозилось огромное количество ценностей, например, на борту галеона Нуэстра-Сеньора-де-Аточа, который шел в составе флотилии из 28 кораблей, находилось более 24 тонн серебра [Malcom, 2001], а также груз золота и других ценных предметов. Правительство Испании считает груз кораблей Нуэстра-Сеньора-де-Аточа и Санта-Маргарита (находятся в США), Сан-Диего

(находится в Филиппинах), Сан-Хосе (находится в Колумбии) и др. своим национальным культурным наследием. Этот факт был особо отмечен на выставке «Наука против грабежа», которая проходила в Музее подводной археологии в Картахене с сентября 2018 г. по январь 2019 г. и была посвящена затонувшим испанским галеонам. Тем не менее, данный аспект представляется дискуссионным – права на груз также может заявить страна, из которой вывозились ценности, страна, в территориальных водах которой был обнаружен корабль, или же организация, которая занималась поиском и подъемом груза. Ситуацию осложняет тот факт, что груз испанских галеонов представляет собой не только культурную и историческую ценность, но и значительную материальную. На настоящий момент единой международной судебной практики по данному вопросу не выработано.

Список литературы

Борисова Г.А. Проблемы подводной археологии на Юкатане // «Стены и мосты» - VI: практика междисциплинарных исследований в истории / Г.Г. Ершова (отв. ред.), Е.А. Долгова (сост.). М.: РГГУ, 2018. – С. 232-238.

Конвенции ЮНЕСКО «Об охране подводного культурного наследия» 2001 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/underwater_heritage.shtml (дата обращения: 15.09.2020).

Azuar Ruiz R., Blas Reigosa B., etc. ARQVA. Museo Nacional de Arqueología Subacuática. Guidebook. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Área de Cultura, 2010.

Malcom C. The Cargo of Coins Aboard Nuestra Señora de Atocha, or “The Treasure Chest Defined” // The Navigator: Newsletter of the Mel Fisher Maritime Heritage Society, Vol.16 No.5. – 2001.

Museo de Arqueología Subacuática Fuerte de San José // Gobierno de México: Centro INAH Campeche. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.inah.gob.mx/red-de-museos/6885-museo-de-arqueologia-subacuatica-fuerte-de-san-jose-el-alto (дата обращения: 15.09.2020).

Temporary exhibition “Science Vs. Plunder”. Information sheet // Gobierno de España: Museo Nacional de Arqueología Subacuática, 2018.

СЕВЕРОДВИНСКИЙ ТОРГОВЫЙ ПУТЬ КАК ОБЪЕКТ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ.

Бардашов Михаил Николаевич[1].

1.Российский Государственный Гуманитарный Университет

Речная система Восточно-Европейской равнины являлась системообразующим звеном при формировании Русского государства и сыграла исключительную роль в исторических судьбах русского народа и России в целом. Это территория представляла собой огромную страну, прорезанную насыщенной речной сетью, на которой первоначально обосновались, а затем расселились наши предки - восточные славяне. Обширные системы водных бассейнов Волги, Дона, Днепра, Северной Двины с близким схождением истоков рек и плоские водоразделы между ними позволяли относительно легко попадать из одной системы в другую, используя многочисленные «волоки». Использование рек как путей сообщения способствовало расселению славянских племен по речным системам. На берегах рек возникали первые русские поселения и города.

Освоение Русского Севера в основном проходило по водным путям, главным из которых являлся Северодвинский путь, сыгравший впоследствии значительную роль в торговле и экономическом развитии всего государства. Северодвинский водный торговый путь (далее СДВТП) представляет собой огромную водную магистраль, пересекающую весь русский северо-восток. Изучению и представлению данного водного пути, как объекта историко-культурно наследия и будет посвящен настоящий доклад.

Следует отметить, что если в XIX и начале XX века теме изучения рек и их роли в российской истории уделялось много внимания, то в настоящее время эти вопросы незаслуженно остаются в стороне. С другой стороны, в последние годы значительное число ученых и научных коллективов занимаются изучением, описанием, интерпретацией и сохранением культурного наследия, культурных ландшафтов. При объединении усилий, направленных на изучение культурно-исторических ландшафтов водных путей Русского Севера можно будет сформировать единую методику изучения речного культурного наследия (далее - РКН) и добиться создания государственных программ сохранения исторических водных путей и их включения в государственный реестр объектов культурного наследия, а также закрепить за историческими водными путями статус одной из главных составляющих речного культурного наследия.

Необходимо также учесть мировой опыт по изучению исторических водных путей, сохранению речного культурного наследия и актуализации его представления посредством музейной и просветительской деятельности - создание выставочных экспозиций, музеев-заповедников, туристических маршрутов, экологических программ и т.д.

На наш взгляд, изучение исторических водных путей с точки зрения культурного наследия и культурных ландшафтов, с обязательным акцентом на экономико-географическую и историко-географическую составляющие исследуемого региона представляется перспективной задачей, решение которой позволит с одной стороны вернуть былой интерес к следующим теоретическим вопросам:

1. Исключительная важность речных систем при формировании Русского государства;
2. Методика изучения речного культурного наследия.

Кроме того, это будет способствовать разработке решений практических задач по представлению речного культурного наследия в музеях, сохранению речных культурных ландшафтов, формированию различных программ в т.ч. исторического туризма как способа актуализации речного культурного наследия. Все это может дать дополнительный импульс для развития региональных музеев, экологических и туристических проектов на территории регионов, по которым проходят исторические водные пути.

Основная научная гипотеза доклада: Сохранение исторической памяти, музеефикация РКН и включение водных путей в реестр объектов культурного наследия, а также создание национальной программы защиты исторических водных путей есть важнейшие государственные задачи в сфере культуры.

Каждый исторический этап освоения бассейна реки зависит от уровня экономического развития данной территории и существенно влияет на культурный ландшафт, являющийся речным историко-культурным наследием. В связи с тем, что Северодвинский водный торговый путь в эпоху средневековья имел выдающееся геополитическое, культурное, транспортное, торговое и межгосударственное значение без его изучения невозможно сформировать единую картину развития Русского государства.

Целью доклада является рассмотрение вопросов разработки методических основ исторической реконструкции культурного ландшафта речного торгового пути на различных этапах его освоения для актуализации и музеефикации, на примере рек С. Двина и Сухона. Проследить взаимосвязь экономического развития территории и культурного ландшафта. Оценить возможность включения водных путей в реестр объектов культурного наследия. Сформировать методику изучения и сохранения РКН.

Задачи доклада:

- Рассмотреть место Северодвинского водного пути в речной системе Русской равнины в историческом и географическом контексте;
- Выявить основные свойства СДВТП как особой формы культурного наследия;
- Провести сравнительный анализ существующих подходов к изучению речных культурных ландшафтов;
- Рассмотреть возможность государственной охраны речного культурного наследия (исторических речных ландшафтов). Выявить проблемы, предложить пути решения;
- Рассмотреть существующие методики изучения, актуализации и презентации РКН;
- Разработать программные положения (теоретические основы) изучения и сохранения РКН;
- Составить методику анализа речных культурных ландшафтов на примере Северодвинского водного пути.

Актуальность: В Российской Федерации начинает формироваться запрос на изучение и сохранение историко-культурного речного наследия, а также анализ речных культурных ландшафтов в историческом, музеологическом, экологическом и иных аспектах.

Научная новизна: Описание, изучение и анализ вопросов, относящихся к РКН, а также создание методических рекомендаций по определению, исследованию и описанию речных историко-культурных ландшафтов.

Степень разработанности проблемы: данная проблема в теоретических трудах разработана недостаточно. Само понятие речное культурное наследие на данный момент в России окончательно не сформировалось. Наиболее близкими работами по вопросам изучения культурных ландшафтов в т.ч. речных ландшафтов Русского Севера, являются труды следующих научных коллективов:

1. Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, под руководством профессора, доктора географических наук Широковой В.А. ведет работу по изучению ландшафтно-экологического состояния долин рек Русского Севера, особенностей пространственной структуры культурно-исторических ландшафтов водных путей данного региона.
2. Институт Наследия (Российский научно-исследовательский институт культурного и природного наследия имени Д.С. Лихачева) проводит работу в следующих направлениях: комплексное изучение культурных ландшафтов, информационное и картографическое обеспечение сохранения и использования культурного и природного наследия; актуализация сохранения и использования музейного наследия. Ведущими учеными по данным темам являются Веденин Ю.А., Кулешова М.Е., Севан О.Г.

В качестве теоретической основы для доклада использовалась работа «Цивилизация и великие исторические реки: географическая теория развития современного общества [1] » великого русского ученого Л. Мечникова (1838-1888) – русского географа, социолога,

[1] Мечников Л. И. Цивилизация и великие исторические реки. М.: Айрис-Пресс, 2013.

общественного деятеля, крупнейшего представителя географического направления в социологии. Главная задача Л. Мечникова состояла в поиске естественных путей с помощью которых различная физико-географическая среда оказывает влияние на судьбы народов и цивилизаций, предоставляя некоторым из них значительные преимущества над другими.

Схожие идеи можно найти и у великих русских ученых XX века, которые акцентируют внимание на влиянии географических факторов на историю развития Российского государства. Так Георгий Вернадский пишет: «Все цивилизации являются в некоторой степени результатом географических факторов, но история не дает более наглядного примера влияния географии на культуру, чем историческое развитие русского народа[2]». А П.Н. Савицкий считал, что огромная система равнин, именуемая российско-евразийским миром, неблагоприятна для культурного, политического или экономического разделения так как взаимное притяжение тут сильнее, чем отталкивание, и здесь легко возникает стремление к общему делу.

Наше понимание вопроса изучения и сохранения гидрокультурного наследия мы хотим показать на примере одной из главных речных систем Русской равнины - Северодвинского водного пути.

По Мечникову, рождение великих цивилизаций стало возможным благодаря взаимодействию человека с уникальными физико-географическим особенностями Нила, Тигра, Евфрата, Инда, Ганга, Хуанхэ, Янцзы. Реки являлись главным фактором рождения и развития цивилизаций.

Можем ли мы считать, что аналогичное по своей значимости место для формирования великой русской речной цивилизации играли реки Русской равнины? Ответ, безусловно, положительный и это можно доказать, изучив историю нашего государства или обратившись к трудам великих русских ученых. Так у В.О. Ключевского читаем: «В отличии от леса и особенно степи, которые действовали на русского человека двусмысленно, у него не бывало никаких недоразумений, никакой двусмысленности с русской рекой. На реке он оживал и жил с ней душа в душу. ..... В продолжение значительной постной части года она и кормила его. Для торговца она - готовая летняя и даже зимняя ледяная дорога, не грозила ни бурями, ни подводными камнями: только вовремя поворачивай руль при постоянных капризных извилинах реки да помни мели, перекаты. Река является даже своего рода воспитательницей чувства порядка и общественного духа в народе. Она и сама любит порядок, закономерность. Её великолепные половодья, совершаясь правильно, в урочное время, не имеют ничего себе подобного в западноевропейской гидрографии. Указывая, где не следует селиться, они превращают на время скромные речки в настоящие сплавные потоки и приносят неисчислимую пользу судоходству, торговле, луговодству, огородничеству. Редкие паводки при малом падении русской реки не могут идти ни в какое сравнение с неожиданными и разрушительными наводнениями западноевропейских горных рек. Русская река приучала своих прибрежных обитателей к общежитию и общительности. В Древней Руси расселение шло по рекам и жилые места особенно сгущались по берегам бойких судоходных рек, оставляя в междуречьях пустые лесные или болотистые пространства. Если бы можно было взглянуть сверху на среднюю Россию, например, XV в., она представилась бы зрителю сложной канвой с причудливыми узорами из тонких полосок вдоль водных линий и со значительными темными промежутками. Река воспитывала дух предприимчивости, привычку к совместному, артельному действию, заставляла размышлять и изловчаться, сближала разбросанные части населения, приучала чувствовать себя членом общества, обращаться с чужими людьми, наблюдать их нравы и интересы, меняться товаром и опытом, знать обхождение. Так разнообразна была историческая служба русской рек[3]».

Наши предки часто олицетворяли реки в образах живых существ, то покровительствующих человеку, то ему враждебных. Рекам присваивались эпитеты «батюшка», «матушка» и другие. Рекам приписывались также родственные отношения между

[2] Вернадский Г.В. Древняя Русь. Тверь: ЛЕАН, 1996.

[3] Ключевский В.О. Курс русской истории. М.: Академический Проект, 2015.

собою: коренная река - мать, ее притоки - старшие и младшие братья и сестры. Русский народ не только любил и почитал реки, но и наблюдал за их жизнью. «Недаром так много плавал русский народ по рекам своим, недаром воспевал их в своих песнях, воспевал и любил, любил и сживался с ними, наблюдал их как что-то прекрасное, живое, осмысленное, вдумывался в загадочную сложность их явлений. И кому только привелось ознакомиться с этой обширной областью тонкой наблюдательности и ясного ума, тот смело скажет: нет другого народа в мире, у которого было бы подобное богатство в этом отношении[4]».

Все вышесказанное говорит о колоссальной роли русских рек в истории формирования нашего государства, а С. Двина и Северодвинский водный торговый путь являются важнейшими элементами формирования Русской Речной цивилизации. На протяжении веков они играли лидирующую роль в развитии экономической и политической жизни Российского государства. В связи с этим необходимо дальнейшее изучение и сохранение СДВТП, в т.ч. с помощью государственных программ, что полностью соответствует установкам Министерства Культуры, признающего особую роль водных пространств. Район Северо-Двинского водного пути насыщен памятниками культурного и природного наследия и культурно-историческими ландшафтами.

Изучение исторических водных путей с точки зрения культурного наследия и культурных ландшафтов с обязательным акцентом на экономико-географическую и историко-географическую составляющие исследуемого региона является перспективной задачей, решение которой позволит выработать методики изучения, сохранения речного культурного наследия и решить практические задачи по его интерпретации и презентации.

Иностранные примеры изучения и сохранения рек, наличие государственных программ даже в тех странах, которые воспринимаются в мире как исключительно морские державы, свидетельствует о том, что вопрос национальной самоидентификации через речные системы крайне актуален. России необходимо также на государственном уровне решать вопросы сохранения и изучения рек, речных систем, исторических-водных систем, и прекрасной возможностью для работы в этом направлении может стать пилотный проект по признанию СДВТП объектом культурного наследия.

Список литературы:

Мечников Л. И. Цивилизация и великие исторические реки. М.: Айрис-Пресс, 2013.

Вернадский Г.В. Древняя Русь. Тверь: ЛЕАН, 1996.

Ключевский В.О. Курс русской истории. М.: Академический Проект, 2015.

Лохтин В. М. О механизме речного русла. Казань: Тип. Б. Л. Домбровского, 1895.

[4] Лохтин В. М. О механизме речного русла. Казань: Тип. Б. Л. Домбровского, 1895.

«МИР БЕСКОНЕЧНОСТИ. АНДРЕ ЛАБАН» ВЫСТАВОЧНЫЙ ПРОЕКТ ОБ ИСТОРИИ ПОДВОДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ВСЕМИРНО ИЗВЕСТНОМ АКВАНАВТЕ АНДРЕ ЛАБАНЕ.

Быкова Анастасия Олеговна[1], Денисова Мария Дмитриевна[1]
[1] *Российский государственный гуманитарный университет*

Введение

Человек. Именно он является неугомонным двигателем прогресса, постоянным генератором идей и изобретений. Он вносит вклад в науку, искусство, философию, спорт. Изучая окружающий мир, он познает себя.

Одним из таких исследователей-энтузиастов был Андре Лабан — человек, стоявший у истоков развития научной и технической мысли в сфере подводной деятельности. Он был не только идейным вдохновителем, но и творческой неординарной личностью, сумевшей воплотить свой талант в разных ипостасях.

Актуальность

Скрытый от человечества подводный мир всегда привлекал и завораживал. Желание прикоснуться к неизвестному, ощутить новое, было и остаётся одной из самых весомых причин океанологических и океанографических исследований. Исследование океана - процесс длительный и трудоемкий. Он включает методы разных наук, а также сложные процессы - биологические, химические, физические, геологические и иные.

Как и столетия назад, океан остаётся источником питания не только для глубинных обитателей, но и для самого человека. Совершенство технологий увеличивает масштаб добычи, позволяет развивать производственные процессы и регулировать экономику стран. Океан, ко всему прочему, является источником множества минеральных ресурсов. И причиной, и следствием в данном случае будет являться глобальное развитие транспорта. Сотни лет исследований ветров и течений дали возможность ученым и инженерам качественно превознести водный транспорт над наземным за счёт скорости преодоления пути, меньшей энергозатратности и более высоким уровнем экологичности.

Морская вода, содержащая в себе практически все химические элементы, способна регулировать и сохранять свою химическую стабильность, а также постоянство температур. Эти свойства позволяют океану, занимающему более 70% поверхности Земли, поддерживать жизнь. Океан приводит в действие гидрологический цикл, а также является основным источником солнечной энергии. Эти и множество других причин, отвечающих на вопрос "Зачем изучать океан?", объясняют и актуальность выбранной темы.

Цель

В контексте данного проекта посетитель основательно знакомится лишь с одной личностью — личностью Андре Лабана. Но поскольку его деятельность неотрывна от всемирного культурного и научного наследия, проведенная в рамках выставки параллель не только дополнит знание о конкретном герое, но и обратит внимание на весь пласт достижений в области подводной деятельности.

Таким образом, цель данной выставки - показать многообразие мира подводных исследований, проследить влияние технического прогресса, появления и последующего распространения прототипов подводной техники — подводных лодок (субмарин,

батискафов), водолазных колоколов, вспомогательных устройств для дыхания и гидрокостюмов - посредством обращения к наследию французского инженера, экспериментатора, художника, оператора, сценариста, режиссера, актера и фотографа Андре Лабана.

Задачи

К числу основных задач кураторы выставки относят: знакомство посетителя с основными этапами изучения человеком гидросферы в XVI - XX веков; представление материалов об инженерных разработках и результатов экспериментов, созданных и проведенных в период работы Андре Лабана на "Калипсо"; демонстрацию специфики живописного стиля Лабана и технико-технологические особенности его работы; раскрытие изобретательности и универсальности подхода Андре Лабана к кино- и фотопроизводству.

Тематическая структура выставки с аннотацией

Историческая часть выставки «Человечество — это море», включающая сведения о деятельности Уильяма Борна по разработке дизайна подводной лодки, создании первой функционирующей субмарины «Дреббель», усовершенствованной модели подводной лодки «Жимнот», об аппаратах для погружения Джона Летбриджа и Карла Клингерта, появлении первого глубоководного скафандра, разработанного Августом Зибе, глубоководном погружении Уильяма Биба и Отиса Бартона на батисфере, проекте батискафа «FRNS-2» Огюста Пикара. В целом, «Человечество — это море» выделяет из общего ряда основные периоды и события, повлиявшие на становление науки в XX в.

Биографическая часть выставки «Феномен Андре Лабана» неразрывно связана с творческой и научной жизнью героя - работой в команде Кусто в период с 1952 по 1972 гг., съемкой фильмов «Мир без солнца», «Мир безмолвия», «Подводная Одиссея Команды Кусто», «Ирис и Онирис», «Ученик алхимика», созданием серии сатирических фотографий «One Man Chauve» и живописных шедевров под водой и состоит из 3-х тематических комплексов:

- «– Что вы умеете делать? – Ничего». Раздел выставки частично посвящен общей истории изучения океана в период с 1952 по 1972 годов и научным изысканиям Лабана в составе команды «Калипсо», службе в Центре подводных исследований в Марселе. Этот этап жизни начался в 1952 году, когда Андре Лабан был принят в команду корабля "Калипсо", оборудованного французским ученым-океанографом Жаком-Ивом Кусто для исследований мирового океана. В процессе стажировки, растянувшейся на 21 год, Лабан стал главным инженером, идейным вдохновителем, оператором и сценаристом легендарной "Одиссеи Кусто".
- «Мир бесконечности» (живопись). Имя Андре Лабана ассоциируется не только с «Калипсо», но и с уникальными живописными работами творца. Стилистика и тематика работ Лабана удивляет, их живость и красочность передает все оттенки бескрайнего подводного мира и не оставляет равнодушным ни одного критика. Художником была разработана особая грунтовка холста, позволявшая писать картины маслом под водой. Для каждой картины была характерна рельефность, создаваемая посредством мастихина.

- «Мы не скупы на юмор». Имея многолетний опыт сценариста и оператора, герой настоящей выставки и к концу XX века не прекращал процесс создания произведений искусства. В 90-х годах он с командой своих друзей организует подводные съемки артхаусного кино, создавая 7-10-минутные историко-сатирические зарисовки. В 80-х годах Лабан создает сатирический альбом, полный вариаций на темы национальных и культурных особенностей народов мира, вольной событийной реконструкции. Перевоплощаясь из роли в роль, сменяя грим, мимику и жесты, художник не просто предстает моделью для собственных фотографий, но профессионально выстраивает кадр, свет и декорации.



Части выставки «Мир бесконечности. Андре Лабан»

Место проведения выставки

Площадкой для проведения выставки «Мир бесконечности. Андре Лабан» было выбрано помещение Салона командного состава русского и советского флота Ледокола «Красин», филиала музея Мирового океана в Санкт-Петербурге.

Благодарность

Научным руководителем и идейным вдохновителем является Сергей Маратович Фазлуллин. Без него невозможна была бы реализация проекта в том виде, в котором он предстает на суд участников конференции.

Кроме того, всестороннюю поддержку и непосредственное участие в реализации проекта принимает Конфедерация Подводной Деятельности России — организация, которая в перспективе своей планирует развитие выставочной деятельности с уклоном в профильную тематику, пропагандирующей необходимость исследования морских глубин и популяризирующей знания о подводном наследии в любом его проявлении.

Заключение

Выставочный проект «Мир бесконечности. Андре Лабан» позволяет каждому неравнодушному погрузиться в увлекательный и бескрайний мир подводных исследований, эпохи освоения водных просторов. Желая показать не только уникальную личность героя выставки, но и проследить путь развития инженерии и подводных исследований от начала

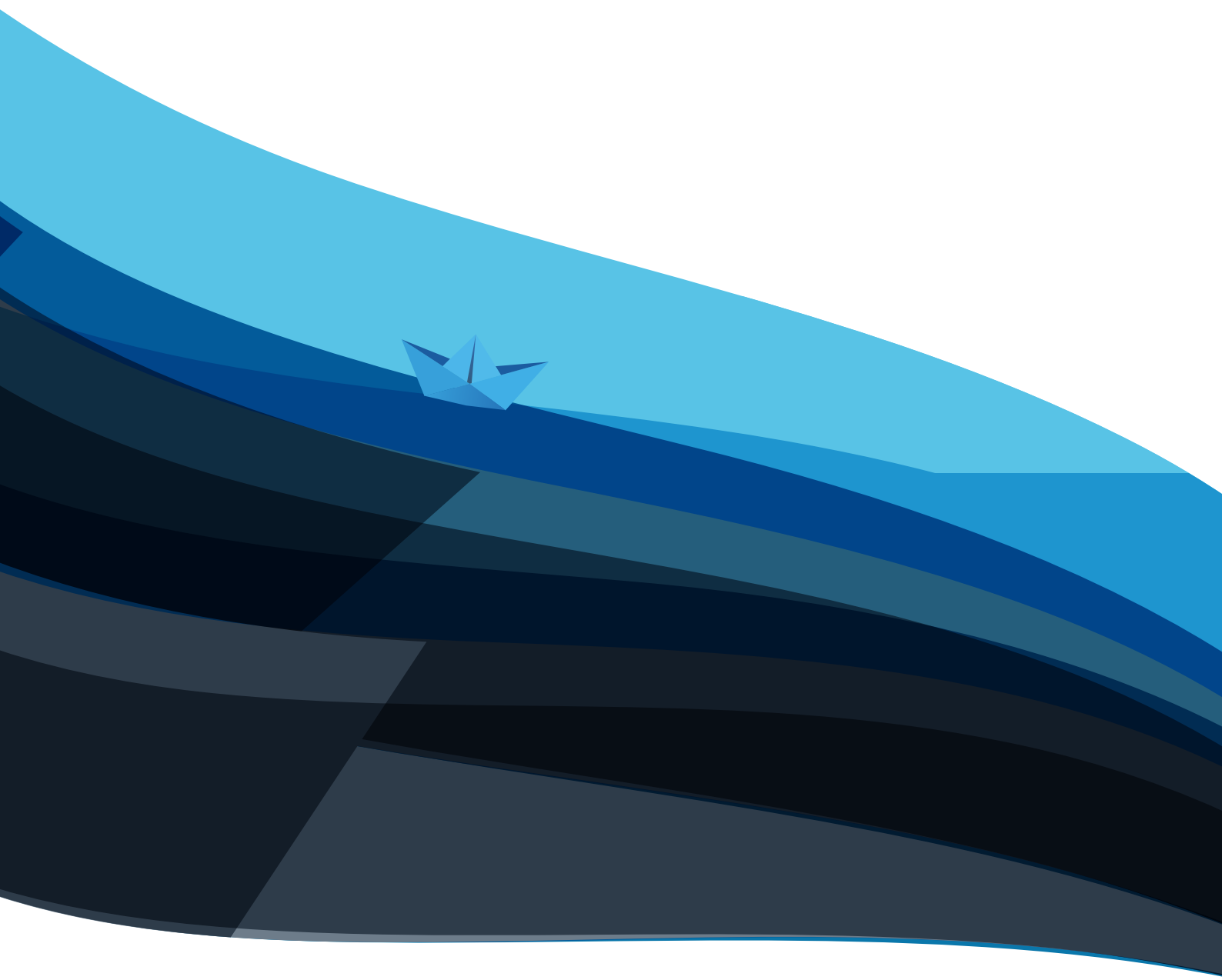
XVI — конца XX веков, кураторы выставки постарались максимально емко и доступно раскрыть желаемую тему в представленном на конференции проекте.

Литература

Лабан А. Притяжение синевы. - Спб.: Издательский дом «Мир русского слова». 2014. - 224 с.

Laban A. One Man Chauve: Recueil de photographies / Valbonne : Studio 35. – 2007. – 44 p.

Laban A. Dictionnaire des petits mots logiques / Association la brochure. - 2010. - 78 p.



www.maresedu.com