

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ**

**МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**СЕКЦИЯ ОКЕАНОЛОГИИ, ФИЗИКИ АТМОСФЕРЫ И
ГЕОГРАФИИ ОТДЕЛЕНИЯ НАУК О ЗЕМЛЕ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**РОССИЙСКИЙ ФОНД
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**



**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**МОРЯ РОССИИ:
НАУКА, БЕЗОПАСНОСТЬ,
РЕСУРСЫ**



**г. Севастополь
3 – 7 октября 2017 г.**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ**

**МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**СЕКЦИЯ ОКЕАНОЛОГИИ, ФИЗИКИ АТМОСФЕРЫ
И ГЕОГРАФИИ ОТДЕЛЕНИЯ НАУК О ЗЕМЛЕ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**РОССИЙСКИЙ ФОНД
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**МОРЯ РОССИИ:
НАУКА, БЕЗОПАСНОСТЬ,
РЕСУРСЫ**

**г. Севастополь
3 – 7 октября 2017 г.**

Моря России: наука, безопасность, ресурсы / Тезисы докладов научной конференции. – г. Севастополь, 3 – 7 октября 2017 г. – Севастополь: ФГБУН МГИ, 2017. – 274 с.

В сборнике представлены тезисы докладов научной конференции «Моря России: наука, безопасность, ресурсы». Основной целью конференции является анализ современного уровня и результатов исследования физических, биогеохимических и экологических процессов в морях России, обсуждение ключевых направлений исследований и разработок, обеспечивающих научно-техническое развитие морского сектора экономики России, технологическую и экологическую безопасность природопользования.

Научная конференция «Моря России: наука, безопасность, ресурсы» проводится при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта №17-05-20401 Г и ФАНО России в рамках Соглашения № 007-02-1380.

Редколлегия: чл.-корр. РАН, д. геогр. н. *Коновалов С.К.*;

д. геогр. н. *Васечкина Е.Ф.*;

д. геогр. н. *Горячкин Ю.Н.*;

д. ф.-м. н. *Кубряков А.И.*;

к. ф.-м. н. *Алексеев Д.В.*;

к. ю. н. *Георга-Копулос А.А.*;

к. ф.-м. н. *Мизюк А.И.*;

к. ф.-м. н. *Станичный С.В.*;

к. геогр. н. *Харитонов Л.В.*;

Котельянец Е.А.;

Пастухова М.П.

© Коллектив авторов, 2017

© ФГБУН МГИ, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

<i>Фролов И.Е.</i> Мониторинг природных условий Северного Ледовитого океана.....	17
<i>Григорьев М.Н., Максимов Г.Т.</i> Эволюция многолетней мерзлоты в береговой зоне и на шельфе морей Восточной Сибири	18
<i>Сычев Ю.Ф., Грузинов В.М., Дьяков Н.Н., Захарчук Е.А.</i> Современные проблемы неарктических морей РФ	20
<i>Зацепин А.Г., Арашкевич Е.Г., Баранов В.И., Куклев С.Б., Луппова Н.Е., Островский А.Г., Очередник В.В., Подымов О.И., Соловьев Д.М.</i> Исследование и мониторинг прибрежной экосистемы Черного моря на постоянно действующем полигоне ИО РАН.....	22

СЕКЦИЯ 1 «СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОКЕАНОЛОГИИ»

<i>Ерманюк Е.В., Брузе К., Пийе Г., Доксуа Т.</i> Экспериментальное исследование генерации внутренних приливов донной топографией.....	24
<i>Зеньков А.Ф., Жильцов Н.Н.</i> Современные технологии проведения морских научных исследований в Арктическом регионе, разработанные в АО «ГНИНГИ»	26
<i>Морозов А.Н., Маньковская Е.В.</i> Вертикальная структура поля скорости течений в глубоководной части Черного моря по данным экспедиционных исследований в 2016 г. ..	27
<i>Башмачников И.Л.</i> Сезонная и межгодовая изменчивость положения динамических и термических фронтов Баренцева, Норвежского и Гренландского морей.....	29
<i>Плотников В.В., Дубина В.А., Вакульская Н.М.</i> Изменчивость ледовых условий Берингова моря и оценка возможности их моделирования.....	31

<i>Пономарев В.И., Файман П.А., Дубина В.А., Лазарюк А.Ю., Марьина Е.Н.</i> Моделирование разномасштабной циркуляции в заливе Петра Великого и прилегающей части Японского моря	33
<i>Чухарев А.М., Репина И.А.</i> Корреляция мелкомасштабных динамических процессов в сопряженных слоях атмосферы и моря.....	35
<i>Слепышев А.А., Воротников Д.И., Лактионова Н.В.</i> Вертикальный перенос тепла и соли инерционно-гравитационными внутренними волнами в двумерном потоке	36
<i>Демьшев С.Г., Дымова О.А.</i> Анализ гидрофизических и энергетических характеристик циркуляции в зонах формирования мезо- и субмезомасштабных вихрей в 2006 и 2011 гг.....	38
<i>Мизюк А.И., Алескерова А.А., Кубряков А.А.</i> Циркуляция в Керченском проливе по результатам численного моделирования с применением локального сгущения расчетной сетки	40
<i>Лишаев П.Н., Кныш В.В., Коротаев Г.К.</i> Совершенствование метода адаптивной статистики для реанализа полей Чёрного моря при ограниченных данных измерений температуры и солёности	41
<i>Дорофеев В.Л., Сухих Л.И.</i> Изучение долговременной изменчивости полей Черного моря на основе ассимиляции данных дистанционных измерений в численной модели.....	43
<i>Сендеров М.В., Мизюк А.И.</i> Вертикальная структура Черного моря под действием ветровой циркуляции	45
<i>Павлушин А.А., Коротаев Г.К., Шапиро Н.Б., Михайлова Э.Н.</i> Исследование балансов массы, энергии, завихренности в двухслойной вихреразрешающей модели Черного моря	47
<i>Демьшев С.Г., Евстигнеева Н.А.</i> Оценка состояния гидрофизических полей в районе западного побережья Крыма	

на основе последовательного анализа данных наблюдений гидрологической съемки в численной модели.....	48
<i>Демьяшев С.Г., Довгая С.В.</i> Особенности энергетических характеристик циркуляции вод Мраморного моря в 2008 г.	50
<i>Мельников В.А., Москаленко Л.В., Кузеванова Н.И., Пиотух В.Б., Зацепин А.Г.</i> Структура спектров фоновых колебаний в геофизических системах гидродинамического типа.....	51
<i>Третьякова И.А., Яицкая Н.А.</i> Выделение зимних экстремальных гидрометеорологических явлений с кумулятивным эффектом в Азовском и Каспийском морях	53
<i>Шокурова И.Г.</i> Оценки вертикальной экмановской скорости в Черном море по данным о ветре реанализа ERA-Interim	54
<i>Елкин Д.Н., Зацепин А.Г.</i> Опускание вод в экмановском слое над наклонным дном в Черном море	56
<i>Погребной А.Е.</i> Равновесная циркуляция в глубоководной области Черного моря.....	58
<i>Шокуров М.В., Краевская Н.Ю.</i> Линейная теория бризовой циркуляции с учетом фонового ветра	59
<i>Бондур В.Г., Воробьев В.Е., Замшин В.В., Серебряный А.Н., Латушкин А.А., Ли М.Е., Мартынов О.В.</i> Мониторинг антропогенных воздействий на прибрежные акватории Черного моря по многоспектральным космическим изображениям	61
<i>Хайбрахманов Т.С.</i> Портал спутниковых геоинформационных данных и сервисов морской отрасли	63
<i>Лебедев К.В., Курносова М.О., Тараканов Р.Ю.</i> Исследование изменчивости переносов массы и тепла в Южном океане по данным Арго и численного моделирования.....	64
<i>Ратнер Ю.Б., Холод А.Л.</i> Сопоставление скоростей течений в акватории Черного моря, полученных по результатам	

модельных расчетов со средними скоростями дрейфа буев-профилемеров АРГО.....	66
<i>Кориненко А.Е., Малиновский В.В., Кудрявцев В.Н.</i> Особенности обратного радиолокационного рассеяния морской поверхностью при малых углах скольжения.....	67
<i>Федоров С.В.</i> Сопоставление продуктов сенсоров ШМСА- ВР КА «Ресурс-П» и МСУ-100 КА «Метеор-М» с про- дуктами оптических сенсоров NASA.....	69
<i>Юровский Ю.Ю., Кудрявцев В.Н., Гродский С.А., Шапрон Б.</i> Характеристики коротких ветровых волн по данным натуральных радиолокационных наблюдений.....	71
<i>Юровская М.В., Кудрявцев В.Н.</i> Восстановление характери- стик волнения по изображениям морской поверхности в зоне солнечного блика.....	72
<i>Лисютин В.А., Ярошенко А.А., Ластовенко О.Р.</i> Двухфаз- ная GS теория распространения упругих волн в некон- солидированных морских осадках.....	73

СЕКЦИЯ 2 «МОРСКИЕ РЕСУРСЫ, ИХ ОХРАНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ»

<i>Сакерин С.М., Кабанов Д.М., Польшин Вик.В., Чернов Д.Г., Зенкова П.Н., Козлов В.С., Польшин Вас.В., Терпуго- ва С.А., Панченко М.В., Радионов В.Ф., Кессель А.С., Ли- щицын А.П., Шевченко В.П., Политова Н.В.</i> Сравнитель- ный анализ характеристик атмосферного аэрозоля над арктическими морями России.....	76
<i>Ефимов В.В.</i> Новоземельская бора: анализ и численное мо- делирование.....	78
<i>Мушта А.В., Волков В.А., Демчев Д.М.</i> Новая типизация крупномасштабной структуры полей дрейфа Северного Ледовитого океана в период с 1979 по 2017 гг.....	79
<i>Куликов М.Е., Кондрин А.Т., Куликов Е.А., Медведев И.П.</i> Сезонная изменчивость приливов арктических морей России.....	80

<i>Весман А.В., Иванов Б.В., Волков В.А.</i> Изменения ледового покрова в северных районах Баренцева моря с 1997 по 2016 гг.....	82
<i>Букатов А.Е., Букатов А.А.</i> Динамика регионального распределения морского льда в Арктическом бассейне	83
<i>Букатов А.Е., Павленко Е.А., Соловей Н.М.</i> Вертикальная структура поля плотности в приокеанских арктических морях России	85
<i>Букатов А.Е., Завьялов Д.Д., Соломаха Т.А.</i> Пространственно-временная эволюция распределения толщины морского льда по акваториям Таманского и Динского заливов.....	87
<i>Тимченко И.Е., Игумнова Е.М.</i> Эколого-экономические модели системного природопользования	88
<i>Васечкина Е.Ф.</i> Математическое моделирование динамики экосистемы аквакультуры мидий в ее взаимодействии с природной средой.....	90
<i>Лазарчук И.П., Игумнова Е.М., Тимченко И.Е.</i> Применение адаптивных моделей для восстановления полей экосистемы верхнего слоя моря по спутниковым наблюдениям.....	92
<i>Свищев С.В.</i> Адаптивное моделирование нитрификации в Севастопольской бухте	93
<i>Пасынков А.А., Овакимян В.В.</i> К проекту комплексной Программы исследований аномального газовыделения на дне Черного моря	95
<i>Орехова Н.А.</i> Пространственная изменчивость концентрации сульфидов в донных отложениях Черного моря.....	98
<i>Пасынков А.А.</i> Минеральные и топливно-энергетические ресурсы Черного моря (перспективы развития).....	100
<i>Совга Е.Е., Еремина Е.С., Хмара Т.В.</i> Современное экологическое состояние и ресурсный потенциал залива Сиваш	103

<i>Колтовская Е.В., Кравчишина М.Д.</i> Распределение хлорофилла-а в Белом море.....	105
<i>Пляка П.С., Поважный В.В., Валов Г.В.</i> Автономные флуориметрические комплексы контроля параметров водной среды.....	106
<i>Корчемкина Е.Н., Маньковская Е.В., Латушкин А.А.</i> Определение биооптического состояния морской среды по данным контактных измерений ослабления света	108
<i>Лемешко Е.М., Латушкин А.А., Кудинов О.Б.</i> Общее взвешенное вещество в районе морского гидрофизического полигона	110
<i>Сакерин С.М., Кабанов Д.М., Калинин Д.В.</i> Использование портативных солнечных фотометров в исследованиях аэрозольной оптической толщи морской атмосферы (экспедиции 2017 г.).....	112
<i>Калинская Д.В., Папкова А.С.</i> Идентификация пылевого аэрозоля посредством радиометра CALIPSO над Черным морем	114
<i>Ефимов В.В.</i> Микро и мезомасштабная структура боры	116
<i>Мезенцева Л.И., Друзь Н.И.</i> Изменение параметров атмосферной циркуляции над дальневосточными морями.....	117
<i>Соколихина Н.Н., Семенов Е.К., Соколихина Е.В.</i> Блокирующий антициклон над Баренцевым морем как фактор похолодания в Европе.....	119
<i>Суркова Г.В., Архипкин В.С., Конопляникова Г.В., Семенов Е.К., Соколихина Н.Н.</i> Климатический прогноз ветрового волнения и высокой скорости ветра на Черном море в XXI в.....	120
<i>Баянкина Т.М., Михайлова Н.В., Сизов А.А.</i> Формирование температуры деятельного слоя Черного моря в периоды холодных вторжений	122
<i>Евстигнеев В.П., Наумова В.А., Кириленко Н.Ф., Любарев Е.П.</i> Эмпирико-статистический анализ событий синоптического масштаба на примере апвеллингов и сгон-	

но-нагонных колебаний уровня моря в прибрежной зоне Азово-Черноморского региона	124
<i>Лебедев К.В.</i> Изменчивость переносов тепла из северной Атлантики в Арктику по данным Арго-модели исследования глобального океана (АМИГО).....	125
<i>Колмак Р.В., Артамонов Ю.В., Скрипалева Е.А.</i> Сезонная изменчивость температурных фронтов на поверхности Черного моря по спутниковым данным	127
<i>Федирко А.В., Артамонов Ю.В., Шутов С.А., Скрипалева Е.А., Колмак Р.В.</i> Гидрологическая структура вод в северной части Черного моря в 2016 г. (87-й, 89-й и 91-й рейсы НИС «Профессор Водяницкий»).....	129

СЕКЦИЯ 3 «ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»

<i>Георга-Копулос А.А.</i> Экологические аспекты морского планирования в Российской Федерации	132
<i>Дыкман В.З., Ефремов О.И.</i> Перемещение крупной взвеси в прибойной зоне при движении волн вдоль берега.....	134
<i>Огородов С.А., Архипов В.В., Вергун А.П., Кокин О.В.</i> Проблемы обеспечения геоэкологической безопасности инженерных сооружений в прибрежно-шельфовой зоне замерзающих морей.....	136
<i>Гуров К.И., Фомин В.В., Удовик В.Ф.</i> Моделирование штормовых изменений рельефа дна и гранулометрического состава донных отложений на участке береговой зоны Крымского полуострова	138
<i>Горячкин Ю.Н., Удовик В.Ф., Лазоренко Д.И., Фомин В.В.</i> Возможные изменения береговой зоны Каламитского залива в результате строительства берегозащитных сооружений.....	140
<i>Косьян Р.Д., Горячкин Ю.Н., Годин Е.А., Харитоновна Л.В., Крыленко В.В., Крыленко М.В.</i> Мониторинг состояния аккумулятивных берегов Западного Крыма	142

<i>Михайличенко С.Ю., Удовик В.Ф.</i> Исследование взаимодействия поверхностного волнения с различными типами берегозащитных сооружений в модельном бассейне переменной глубины.....	144
<i>Иванов В.А., Совга Е.Е., Котельянец Е.А.</i> Сезонная изменчивость самоочищающей способности экосистемы прибрежной акватории Гераклеийского полуострова в отношении нефтепродуктов.....	145
<i>Вержевская Л.В., Бакуева Я.И., Багаев А.В.</i> Пространственно-географическая характеристика источников антропогенной нагрузки на прибрежные акватории Южного берега Крыма.....	147
<i>Котельянец Е.А., Гуров К.И., Овсяный Е.И., Коновалов С.К.</i> Динамика состава и уровня загрязнения донных отложений Балаклавской бухты в 2005 – 2015 гг.....	149
<i>Шульга Т.Я.</i> Исследование эволюции загрязнений в Азовском море на основании анализа результатов численных расчетов и данных спутниковых наблюдений.....	151
<i>Гогоберидзе Г.Г., Заболотников Г.В., Малахова Ю.А.</i> Координация деятельности научных фондов и программ финансирования исследований арктических морей России ...	153
<i>Гогоберидзе Г.Г., Еришова А.А.</i> Концепция модели пространственного планирования морехозяйственной деятельности в арктических регионах России на основе комплексного анализа устойчивости береговых экосистем и береговой инфраструктуры.....	154
<i>Богуславский А.С., Казаков С.И., Лемешко Е.М.</i> Модельная оценка уязвимости подземных вод юго-западной части Горного Крыма с учетом береговых зон быстрого транзита и субмариной разгрузки.....	156
<i>Миньковская Р.Я.</i> Экспертная оценка выноса нефтяных углеводородов реками в Чёрное море.....	157
<i>Лемешко Е.М., Погребной А.Е., Толстошеев А.П., Марюшкин Ю.А.</i> Вертикальная изменчивость профиля темпера-	

туры по наблюдениям на гидрофизическом полигоне (ЮБК)	159
<i>Видничук А.В., Кондратьев С.И., Коновалов С.К.</i> Особенности вертикального распределения кислорода и сероводорода в Черном море в 2015 – 2016 гг. по экспедиционным данным Морского гидрофизического института	160
<i>Морозов А.Н., Вержевская Л.В.</i> Течения в Керченском проливе по данным натурных наблюдений	162
<i>Иванов В.А., Рябцев Ю.Н.</i> Моделирование транспорта взвеси канализационных выпусков Севастополя и Симеиза	164
<i>Скиба Е.В., Дулов В.А., Кудрявцев В.Н., Смолов В.Е., Розвадовский А.Ф.</i> Исследование ветрового волнения с океанографической платформы в Качивели	165
<i>Вареник А.В. Филатова Т.Б.</i> Сравнительная характеристика содержания биогенных элементов в атмосферных осадках Крымского побережья Черного моря и г. Ростов-на-Дону в весенне-летний период.....	166
<i>Григорьев А.В., Зацепин А.Г., Шаповал К.О.</i> Синоптическая и мелкомасштабная изменчивость вод северо-восточной части Черного моря по данным наблюдений и моделирования	168
<i>Кузнецов А.С., Иванов В.А., Морозов А.Н., Маньковская Е.В.</i> Исследование динамики прибрежно-шельфовых вод современными методами	169
<i>Манилюк Ю.В., Санников В.Ф.</i> Сейши в Севастопольской бухте	171
<i>Яицкая Н.А., Третьякова И.А., Магаева А.А., Шагаров Л.М., Лычагина Ю.М., Лесной А.С., Макаровский Г.В.</i> Некоторые результаты исследования гидрологического режима Азовского и Каспийского морей во второй половине XX-начале XXI вв. и его экстремальных проявлений	173
<i>Гармашов А.В., Толочков Ю.Н., Коровушкин А.И.</i> Штормовое волнение северо-западной части Черного моря по данным натурных измерений	175

<i>Крылов А.А., Суркова Г.В.</i> Выявление и климатический прогноз синоптических ситуаций, способствующих формированию экстремально сильных ветров над Баренцевым морем	177
<i>Гуменный М.М., Холопцев А.В.</i> Эль-Ниньо – Южное колебание и Арктические вторжения.....	178
<i>Куприков Н.М., Иванов Б.В., Доронин Д.О., Полищук М.А.</i> Повышение конкурентоспособности высокотехнологичных компаний при осуществлении деятельности в полярных регионах.....	181
<i>Горячкин Ю.Н.</i> Придонные течения в береговой зоне Крыма.....	184
<i>Кузнецова Л.В.</i> Современные Российско-Норвежские взаимоотношения в области морского права: правовые проблемы и перспективы.....	186

СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

СЕКЦИЯ 1 «СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОКЕАНОЛОГИИ»

<i>Архипкин В.С., Кораблина А.Д., Мысленков С.А.</i> Закономерности формирования нагонов в Белом и Баренцевом морях	189
<i>Базыкина А.Ю., Фомин В.В.</i> Влияние крутизны волны на характеристики наката одиночных волн в бухтах с U-образной формой поперечного сечения	191
<i>Бондур В.Г., Евтушенко Н.В., Замшин В.В., Матросова Е.Р.</i> Мониторинг загрязнений Черного моря по данным космических радиолокационных съёмок.....	193
<i>Глобина Л.В.</i> Режимы турбулентного обмена на уровне основного пикноклина.....	195
<i>Жук Е.В., Халиулин А.Х.</i> Использование геоинформационных технологий в обеспечении океанографическими данными	197

<i>Козлов И.Е., Морозов Е.Г., Щука С.А., Фрей Д.И.</i> Структура внутренних волн в проливе Карские Ворота: синтез спутниковых наблюдений, контактных измерений и моделирования	198
<i>Кондратьев С.И., Зима В.В., Шутов С.А., Люльчак Д.С.</i> Анализ данных, полученных с помощью датчика растворенного в воде кислорода SBE 43 компании «Sea-Bird Electronics» в экспедиционных исследованиях в Черном море Морского гидрофизического института	199
<i>Кочергин В.С., Кочергин С.В.</i> Использование решения сопряженной задачи при планировании эксперимента.....	201
<i>Кукушкин В.М.</i> Конвекция и вентиляция главного термоклина в субполярной Северной Атлантике.....	202
<i>Лемешко Е.Е., Полозок А.А.</i> Экстремальные значения уровня Азовского моря по данным береговых измерений.....	203
<i>Лемешко Е.Е., Репина И.А.</i> Аномалии температуры поверхности Черного моря и их связь с атмосферными процессами.....	204
<i>Лукьянова А.Н., Иванов В.А., Залесный В.Б., Багаев А.В.</i> Субинерционные колебания в Черном море по результатам численного моделирования	206
<i>Маркова Н.В.</i> Структура поля вертикальной скорости в зоне континентального склона Черного моря (по данным моделирования)	207
<i>Миклашевская Н.А.</i> Определение прибрежных зон Черного моря, характеризующихся наиболее эффективной генерацией длинных волн ветровыми возмущениями	209
<i>Павлушин А.А., Шапиро Н.Б., Михайлова Э.Н.</i> Роль сезонной изменчивости завихренности ветра в формировании «очков Книповича»	211
<i>Петренко Л.А., Козлов И.Е.</i> Наблюдение вихрей вблизи архипелага Шпицберген по данным спутниковых радиолокаторов.....	212

<i>Пузина О.С., Мизюк А.И.</i> Сравнение параметризаций вертикального турбулентного перемешивания при моделировании циркуляции Черного моря.....	213
<i>Сухих Л.И., Дорофеев В.Л.</i> Оценка влияния выбора модели циркуляции на результаты физического реанализа полей Черного моря	215

СЕКЦИЯ 2 «МОРСКИЕ РЕСУРСЫ, ИХ ОХРАНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ»

<i>Башиначников И.Л., Юрова А.Ю., Весман А.В., Бобылев Л.П.</i> Связь изменчивости океанических и атмосферных потоков тепла в районе Баренцева моря	217
<i>Белов С.Ю.</i> Технологии и методы расчётов некоторых параметров экосистем дистанционным зондированием в коротковолновом диапазоне радиоволн.....	218
<i>Васечкина Е.Ф.</i> Обоснование и расчет экологической приемной емкости района размещения аквакультуры двустворчатых моллюсков	220
<i>Марчукова О.В., Воскресенская Е.Н., Лубков А.С.</i> Атмосферные отклики на два типа Ла-Нинья и их климатические последствия	222
<i>Гогоберидзе А.Г., Гогоберидзе Г.Г.</i> Сравнение рекреационных возможностей приморских районов восточной части Финского залива и Адриатики	224
<i>Заговенкова А.Д., Архипкин В.С.</i> Выявление особенностей пузырькового переноса метана от донных источников методами математического моделирования	225
<i>Калинская Д.В., Папкова А.С.</i> Исследование источников атмосферного аэрозоля над Черным морем и оценка их влияния на здоровье человека.....	226
<i>Калинская Д.В., Кабанов Д.М., Сакерин С.М., Латушкин А.А., Кудинов О.Б.</i> Анализ оптических характеристик атмосферного аэрозоля за весенний период с 2017 года над Черным морем посредством фотометра SPM	228

<i>Ломакин П.Д., Чепыженко А.И., Чепыженко А.А.</i> Методика поиска пятен нефтяного загрязнения в водах Азово-Черноморского побережья	230
<i>Ломакин П.Д., Чепыженко А.И., Чепыженко А.А.</i> Поле концентрации общего взвешенного вещества в водах Керченского пролива на базе оптических наблюдений.....	232
<i>Михайлова Н.В., Юровский А.В.</i> Пространственно-временная структура полей сплоченности морского льда в Баренцевом море в зимний период по спутниковым данным.....	234
<i>Петренко Л.А.</i> Изменчивость ветра над Азовским морем в 2006 – 2015 гг.....	235
<i>Федирко А.В., Артамонов Ю.В., Скрипалева Е.А.</i> Сезонная изменчивость поля температуры и крупномасштабных фронтов в Баренцевом море по данным реанализа OI SST	236

СЕКЦИЯ 3 «ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»

<i>Антоненков Д.А.</i> Методы определения основных характеристик минеральной взвеси, основанные на обработке изображений водной среды	238
<i>Гуров К.И., Суслин В.В.</i> Оценка влияния оптически активных слоев на спектральные характеристики излучения (на примере Черного моря).....	239
<i>Игнатов Е.И., Загоскин А.Л., Новиков А.А.</i> Использование малоглубинной геофизики для выявления опасных геологических процессов в прибрежной зоне юго-западного Крыма	242
<i>Кузьмичёва Т.Ф.</i> О крупномасштабной изменчивости климата в средних широтах (результаты анализа спутниковых снимков AQUA/TERRA для района Аральского моря)	243
<i>Кузьмичёва Т.Ф.</i> Об изменчивости водного зеркала восточного Арала в третий период высыхания (2008 – 2017 гг.)..	244

<i>Майборода С.А., Метик-Дионова В.В., Симонова Ю.В., Казаков С.И., Корсаков П.Б.</i> Режим осадков в прибрежной зоне моря Южного Берега Крыма.....	246
<i>Метик-Дионова В.В., Симонова Ю.В., Майборода С.А.</i> Аномалии температуры воды по наблюдениям на гидрофизическом полигоне (ЮБК).....	248
<i>Новицкая В.П., Марюшкин Ю.А.</i> Климатическая изменчивость осадков ЮБК на протяжении XIX – XX веков	250
<i>Пиотух В.Б., Александрова А.Г., Зацепин А.Г., Мельников В.А., Мысленков С.А., Соловьев Д.М.</i> Аномалии сигнала обратного акустического рассеяния по данным стационарного ADCP в ближней шельфовой зоне Черного моря	251
<i>Симонова Ю.В., Казаков С.И., Берзова И.Г., Хамицевич Н.В.</i> Специализированная база данных уровня моря по данным мареографа ЧГП РАН.....	252
<i>Харитонова Л.В., Фомин В.В., Алексеев Д.В., Иванча Е.В.</i> Влияние антропогенного изменения береговой линии и рельефа дна на динамические и морфодинамические процессы в западной части Крымского полуострова	254
<i>Хмара Т.В.</i> Распространение загрязняющих веществ антропогенного происхождения в полузамкнутых водоемах	256
<i>Цыганова М.В., Лемешко Е.М.</i> Эволюция гидрофронта, обусловленного стоком рек и действием ветра в шельфовой зоне Черного моря	258
Перечень организаций	260
Авторский указатель	266

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ СРЕД СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА (СЛО)

Фролов И.Е.

*ААНИИ, г. Санкт-Петербург, Россия
frolov@aari.ru*

Ключевые слова: Северный Ледовитый океан, полярная область, гидрометеорологическая сеть, климатическая изменчивость.

Основным источником данных мониторинга состояния природных сред является гидрометеорологическая сеть наблюдений (станции и посты), содержание и развитие которой возложено на Росгидромет.

Гидрометеорологическая сеть существует, практически, во всех странах мира и координируется Всемирной метеорологической организацией (ВМО).

По видам наблюдений гидрометеорологическая сеть делится на метеорологическую, аэрологическую, морскую, а также специализированную.

Источником данных о природной среде также являются климатические центры и обсерватории, созданные как на национальном, так и на международном уровне, международный обмен данными в рамках ВМО и других международных и двусторонних соглашений и программ, автономные средства (буи, автоматические станции), наблюдения из космоса (ДЗЗ) и судовые экспедиции.

В ААНИИ налажен сбор и обобщение гидрометеорологических данных по Северной полярной области (СПО), в том числе СЛО, и ежегодно публикуется «Обзор гидрометеорологических процессов в Северной полярной области» за прошедший год. Обзор содержит: метеорологические условия в СПО, ледовые условия и процессы в СЛО и его морях, гидрологические и гидрохимические условия в СЛО.

В докладе приведены данные климатической изменчивости состояния природных сред СЛО.

В заключении доклада обсуждаются проблемы межведомственной координации и, возможно, кооперации в части организации и проведения морских экспедиций и делается вывод о необходимости завершения разработки новой редакции Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года, а также скорейшего утверждения ФЦП «Мировой океан» на 2018 – 2023 годы.

ЭВОЛЮЦИЯ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ И НА ШЕЛЬФЕ МОРЕЙ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Григорьев М.Н.¹, Максимов Г.Т.²

¹ИМЗ СО РАН, г. Якутск, Россия

²ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Grigoriev@mpi.usn.ru

Ключевые слова: криогенные береговые процессы, субаквальные многолетнемерзлые породы, деградация мерзлоты.

Арктические берега морей Восточной Сибири теряют более 10 км² площади прибрежной суши в год. Наибольшая скорость отступления свойственна льдистым берегам. Их разрушение обусловлено процессами термической денудации, абразии и эрозии, термокарста, а также криогенными склоновыми процессами в сочетании с другими процессами морфогенеза. Для определения средней скорости береговой эрозии и массы берегового материала, поступающего на шельф, была разработана база данных, базирующаяся на детальном сегментировании побережий морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. В силу высокой льдистости многолетнемерзлых пород береговой зоны морей Восточной Сибири, где протяженность берегов с ледовым комплексом (плейстоценовые отложения с объемным содержанием грунтового льда до 80%) составляет более трети длины побережья, процессы криоморфогенеза играют ведущую роль в разрушении

берегов. В последнее десятилетие заметное усиление береговых процессов отмечается на участках побережья центральной части моря Лаптевых.

Средние скорости эрозии всех берегов моря Лаптевых, учитывая и стабильные береговые сегменты, составляют 0,7, а Восточно-Сибирского – 1 м/год, при этом темп разрушения льдистых берегов, соответственно, – 1,9 и 1,6 м/год. Максимальная скорость береговой эрозии, 25 м/год, инструментально зарегистрирована на о-ве Муостах в 2005 г. Анализ описания исторических событий и наблюдений первопроходцев на восточно-арктических островах России, позволяет предположить, что темпы разрушения льдистых берегов могли достигать 40 – 50 м/год.

Динамика разрушения берегов определяет крутизну уклона реликтовой подводной мерзлоты на прилегающем мелководье, который имеет пологий характер при высоком темпе разрушения побережья и крутой при низком.

Подводная мерзлота или субаквальные многолетнемерзлые породы (СММП) в арктических морях изучена крайне слабо. Неизвестны ни ее мощность, ни контуры распространения на относительно приглубом шельфе. Установлено активное преобразование льдистых многолетнемерзлых пород в мелководной зоне арктического шельфа. Данные, полученные по немногочисленным буровым профилям на прибрежном мелководье, показывают значительные вариации в уклонах кровли и темпах деградации мерзлоты сверху, при довольно «высоких» температурах (-1, -1,5°C) в ее толщах на расстоянии уже в первых километрах от берега. Средний уклон (от берега) кровли подводной мерзлоты в прибрежно-шельфовой зоне морей Восточной Сибири составляет 0,011 (0,62°). Установлено, что скорость деградации верхних горизонтов реликтовых СММП составляет первые десятки сантиметров в верхней части подводного берегового склона, уменьшаясь до долей сантиметра в год в нижней его части. Эта скорость определяется динамическим режимом береговой зоны, составом, строением и мощностью залегающих на кровле мерзлоты осадков, температурой и соленостью придонного слоя воды, а также характером гидродинамических процессов в прибрежной зоне шельфа.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ НЕАРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ РФ

Сычев Ю.Ф.¹, Грузинов В.М.¹, Дьяков Н.Н.², Захарчук Е.А.³

¹ГОИИ, г. Москва, Россия

²СО ГОИИ, г. Севастополь, Россия

³СПО ГОИИ, г. Санкт-Петербург, Россия
dyakoff@mail.ru

Ключевые слова: Азовское море, Черное море, Балтийское море, климатические изменения, качество вод, мониторинг.

В условиях глобального потепления последних десятилетий и усиливающегося антропогенного воздействия, несомненно, является актуальной задача оценки изменений природной среды неарктических морей Российской Федерации (Азовского, Балтийского, Черного морей), выявления причин этих изменений и описание их механизмов.

На основе материалов наблюдений береговой сети станций Росгидромета и морских экспедиций, собранных за весь многолетний период исследований, спутниковой информации, данных реанализов метеорологических и гидрофизических полей, выявлены основные закономерности региональных климатических изменений для побережья и открытых районов неарктических морей Российской Федерации (Азовского, Черного и Балтийского морей), которые заключаются в следующем:

– В качестве общей тенденции всего XX и начала XXI века, в особенности 30-летия (1977 – 2007 гг.) для акваторий Азовского и Черного морей, выделяются устойчивые положительные линейные тренды температуры воздуха, атмосферных осадков, величин бюджета пресных вод, уровня и, столь же устойчивые, отрицательные тренды скорости ветра, солености вод, интенсивности волнения и испарения, ледовитости. В последующие годы (2008 – 2016 гг.) наблюдалось продолжение потепления воздуха и вод прибрежной зоны, но произошло сокращение величин бюджета пресных вод морей, прежде всего за счет уменьшения стока рек и количества осадков, выпадающих на поверхность моря.

– Статистический анализ различной гидрометеорологической информации, полученной в регионе Балтийского моря в XX и начале XXI веков, также свидетельствует о значительных изменениях природных условий Балтики в последние десятилетия. С конца 1980-х годов над регионом Балтийского моря началось устойчивое повышение температуры воздуха, которое продолжается до настоящего времени. В открытой части Балтийского моря в последние десятилетия наблюдаются значимые положительные линейные тренды в изменении температуры воды. На фоне повышения температуры моря, отмечается уменьшение в несколько раз количества больших балтийских затоков. Солёность приповерхностного слоя моря почти во всей открытой Балтике имеет тенденцию к снижению в среднем на 1 – 2 ‰. В восточной части Финского залива в последние десятилетия заметно увеличилась частота опасных и особо опасных подъёмов уровня моря. За последние 30 лет количество наводнений в устье Невы увеличилось в 1,6 раза по сравнению с предшествующим тридцатилетием.

На текущий момент наблюдения за качеством вод Черного и Азовского морей в районе Крыма ведутся в ограниченном объеме и требуют срочного восстановления государственного контроля по программе государственного фонового мониторинга качества морских вод и верхнего антропогенно трансформированного слоя морских донных отложений. Согласно расчетам индекса загрязненности вод, полученным в 2013 – 2016 гг. на основе средней концентрации приоритетных для каждого из районов контроля загрязняющих веществ и растворенного кислорода, воды Азовского и Черного моря чаще всего классифицировались как «чистые» (II класс). При этом в ряде районов морей (Керченский пролив, Севастопольская бухта) отмечается рост максимальных концентраций нефтепродуктов.

В долгопериодных тенденциях почти всех исследуемых гидрохимических показателей состояния вод поверхностного слоя южных и центральных районов Балтийского моря значимых трендов не выявлено. В придонном слое центральной части моря на глубине 225 – 230 метров отмечаются сравнительно резкие изменения содержания всех гидрохимических показателей, приуроченные ко времени прохождения больших балтийских зато-

ков, в периоды отсутствия которых, оценки гидрохимических параметров имеют тенденцию к повышению.

ИССЛЕДОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ ПРИБРЕЖНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ЧЕРНОГО МОРЯ НА ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩЕМ ПОЛИГОНЕ ИО РАН

**Зацепин А.Г.¹, Арашкевич Е.Г.¹, Баранов В.И.², Куклев С.Б.²,
Луппова Н.Е.², Островский А.Г.¹, Очередник В.В.²,
Подымов О.И.², Соловьев Д.М.³**

¹ИО РАН, г. Москва, Россия

²ЮО ИО РАН, г. Геленджик, Россия,

³ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия

zatsepin@ocean.ru

Ключевые слова: Черное море, прибрежная зона, полигон, перманентные наблюдения, автономные станции, судовые исследования.

С целью развития прибрежной черноморской наблюдательной системы в 2010 – 13 гг. в прибрежной зоне Черного моря в районе г. Геленджика на базе Южного отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН развернут постоянно действующий полигон, предназначенный для перманентного мониторинга состояния водной среды и биоты. Основу полигона составляют автономные заякоренные и донные станции, измеряющие профили гидрофизических параметров с высоким пространственно-временным разрешением. Выполняются также регулярные судовые разрезы с комплексными исследованиями состояния морской экосистемы.

Получаемые данные используются для изучения масштабов и механизмов изменчивости морской экосистемы под влиянием антропогенных и естественных (в т. ч., климатических) воздействий, водообменных процессов в системе «шельф – глубоководный бассейн», а также многих других явлений физической, химической и биологической природы. Данные регулярных контактных измерений востребованы для калибровки спутнико-

вых измерений и верификации результатов численного моделирования циркуляции вод. Предлагается распространение методов и средств полигонного мониторинга прибрежной водной среды и биоты на другие сектора Черного моря с целью создания единой системы мониторинга прибрежной зоны Черного моря.

Среди важных результатов, полученных на полигоне в последние годы, отметим следующие.

1. Круглогодичный комплексный судовой мониторинг состояния водной среды и биоты на поперечном берегу разрезе позволил установить, что температура Холодного промежуточного слоя в 2014 – 2016 гг. превышала 8°C и лишь после холодной зимы 2016 – 2017 гг. опять опустилась ниже 8°C. Уровень эвтрофикации вод продолжает снижаться, их химическое загрязнение редко превышает ПДК даже в бухтах, влияние гребневиков вселенцев на зоопланктонное сообщество не прослеживается.

2. Уточнены оценки встречаемости субмезомасштабных вихрей на акватории полигона. Установлено, что эти вихри диаметром от 2 до 10 км формируются на шельфе, как в холодное, так и в теплое время года, при этом число циклонов и антициклонов приблизительно равно друг другу, а вероятность их обнаружения при съемках составляет 70 процентов. Они вносят существенный вклад в кросшельфовый водообмен.

3. Проведены успешные морские испытания макетов океанологического дрейфующего зонда с изменяемой плавучестью – российского прототипа поплавок Арго, и подводной заякоренной лебедки с системой онлайн передачи данных STD-зондирования.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №14-50-00095 и гранта РФФИ №17-05-00381.

СЕКЦИЯ 1 «СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОКЕАНОЛОГИИ»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ВНУТРЕННИХ ПРИЛИВОВ ДОННОЙ ТОПОГРАФИЕЙ

Ерманюк Е.В.¹, Брузе К.², Пийе Г.², Доксуа Т.²

¹*ИГиЛ СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

²*ENS de Lyon, г. Лион, Франция*

ermanyuk@hydro.nsc.ru

Ключевые слова: внутренние волны, стратификация, топография дна.

Генерация внутренних приливов в океане происходит за счет взаимодействия поверхностных приливов с топографией дна, в частности, с подводными изолированными хребтами. По данной проблеме имеется обширная литература, рассматривающая различные виды до- и сверхкритической топографии. Для случая изолированного препятствия в жидкости бесконечной глубины имеются аналитические решения для ряда случаев простой геометрии (эллиптический цилиндр, сфера), причем построена также приближенная вязкая асимптотика. Для случая ограниченной глубины в литературе рассмотрен ряд видов донной топографии, показано, что мощность внутренних приливов, излучаемых подводными хребтами, уменьшается в случае ограниченной глубины и докритической топографии по сравнению со случаем безграничной жидкости, а в случае сверхкритической топографии может наблюдаться рост мощности излучения.

В настоящей работе представлены результаты экспериментального исследования колебаний тел различной геометрии (круговой цилиндр, плоская вертикальная пластина, квадратный цилиндр с вертикально ориентированной диагональю, подводный хребет специальной геометрии). Исследуемые тела закреплялись на нижнем конце физического маятника, погруженном в однородно стратифицированную жидкость. Динамические па-

раметры исследуемых тел определены с помощью анализа функций отклика системы на единичное импульсное воздействие. В качестве теоретической основы для интерпретации результатов используются соотношения аффинного подобия, дающие связь между решением задачи в однородной жидкости и решением задачи в однородно стратифицированной жидкости. В частности, для случая вертикальной пластины в стратифицированной жидкости (т.е. для предельного случая сверхкритической топографии) получена простая оценка коэффициента усиления мощности излучения внутренних волн по отношению к случаю пластины, совершающей колебания в однородно стратифицированной безграничной жидкости. Полученное решение согласуется с результатами других авторов, полученными более сложными методами. Экспериментальное исследование показало, что эффект усиления мощности излучения внутренних волн в жидкости ограниченной глубины не реализуется, что находится в противоречии с результатами, полученными в 2002 – 2003 годах несколькими группами авторов. Возможной причиной расхождения теории с экспериментом является отсутствие учета реальной структуры волновых пучков, которые в модели идеальной однородно стратифицированной жидкости для случая вертикальной пластины вырождаются в характеристические линии. Показано, что экспериментально наблюдаемые для плоской пластины эффекты близки к случаю кругового цилиндра. Для квадратного цилиндра с вертикально ориентированной диагональю (являющегося моделью треугольного подводного хребта) показано существование скачка мощности излучения внутренних волн на частоте, соответствующей переходу от сверхкритического случая к докритическому.

Экспериментально рассмотрен также случай специальной геометрии подводного хребта, для которого при определенном сочетании частоты колебаний и глубины стратифицированной жидкости мощность излучения внутренних волн обращается в ноль. Этот эффект был теоретически исследован Лео Маасом в 2011 году. В настоящей работе он подтвержден экспериментально. Экспериментально исследованы границы диапазона параметров, при которых этот эффект существует.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОВЕДЕНИЯ МОРСКИХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ, РАЗРАБОТАННЫЕ В АО «ГНИНГИ»

Зеньков А.Ф., Жильцов Н.Н.

*АО «ГНИНГИ», г. Санкт-Петербург, Россия
mail@gningi.ru*

Ключевые слова: Арктика, айсберг, съёмка рельефа дна, геофизические работы, многолучевой эхолот, ледовые условия.

В ГНИНГИ разработана уникальная технология проведения съёмки рельефа дна и геофизических работ, а также их комплексирования в тяжелых ледовых условиях Центральной Арктики при сплоченности льда 9 – 10 баллов и толщине до 2 – 3 метров. Отработка технологии проходила при решении задачи определения и обоснования внешней границы континентального шельфа в 2010 – 2014 годах и, соответственно, имеет определенную специфику.

Особенность настоящей методики заключается в проведении съёмки рельефа дна и геофизических работ по заранее запланированным прямолинейным галсам с отклонением не более $\frac{1}{4}$ ширины полосы обзора многолучевого эхолота для конкретной ситуации. Съёмка осуществлялась с борта научно-экспедиционного судна «Академик Федоров» под проводкой атомного ледокола. Судно оснащалось навигационно-гидрографическим комплексом на основе многолучевого и однолучевого эхолотов и профилографа.

Полученные материалы легли в основу заявки России в ООН на расширение континентального шельфа в Арктике. Равномерное расположение галсов съёмки рельефа дна по всему району Центральной Арктики позволило использовать высокоточные данные 2010 – 2014 годов в качестве репера при построении цифровой модели рельефа морского дна данного региона с использованием ретроспективных баз батиметрических данных.

Также в АО «ГНИНГИ» разработана технология съемки подводной части айсберга с помощью многолучевого эхолота для определения геометрических размеров, объема подводной части айсберга и оценки возможности его буксировки с построением 3D модели. Технология отработана для айсбергов, находящихся в дрейфе и сидящих на грунте. Разработанная технология может быть использована в дальнейшей работе по обеспечению безопасности при буксировке айсбергов и ином физическом воздействии на них.

ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ПОЛЯ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЙ В ГЛУБОКОВОДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 2016 г.

Морозов А.Н., Маньковская Е.В.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
anmorozov@mhi-ras.ru*

Ключевые слова: погружаемый акустический доплеровский профилометр течений *LADCP*, вертикальная структура течений, кинетическая энергия, условная плотность, Черное море.

В работе рассматриваются результаты измерений, выполненных с использованием погружаемого акустического доплеровского профилометра течений (*LADCP*) и *CTD*-зонда *SeaBird* в трех рейсах НИС «Профессор Водяницкий» 2016 г. Экспедиции проходили 30.06 – 18.07 (87-й рейс), 30.09 – 19.10 (89-й рейс) и 16.11 – 05.12 (91-й рейс) в центральном районе северной части Черного моря около Крымского полуострова.

Приводятся примеры профилей скорости течения и условной плотности на отдельных станциях. Проанализированы синхронные профили горизонтальных компонент вектора скорости течения и условной плотности, полученные в глубоководной части моря. В верхнем 300-метровом слое наблюдается хорошо выраженная циклоническая циркуляция. Вертикальная структу-

ра течений характеризуется в среднем уменьшением скорости течения с глубиной.

Основное внимание уделено обсуждению характеристик осредненной вертикальной структуры течений в сезонном и постоянном пикноклинах. Рассматриваются зависимости квадрата частоты плавучести N^2 и квадрата сдвига скорости течения Sh^2 от расстояния до центра залегания сезонного пикноклина в верхнем слое моря. Условие развития сдвиговой неустойчивости (число Ричардсона $Ri < 0,25$) выше центра залегания сезонного пикноклина (слой глубин 10 – 20 метров) наблюдается с вероятностью 0,3. Ниже сезонного пикноклина число Ричардсона, рассчитанное на приращениях глубины 4 м, всегда больше критического значения. Выявлена согласованность положения максимумов N^2 и Sh^2 , что имеет место в подавляющей части данных натуральных наблюдений и является прямым следствием существования критического значения числа Ричардсона.

Установлено, что при переходе через сезонный пикноклин средняя кинетическая энергия уменьшается приблизительно в 2 раза и проявляет линейную зависимость от условной плотности. Такие ситуации наблюдаются в июле и октябре, когда существует сезонный пикноклин. После его разрушения в ноябре-декабре кинетическая энергия практически без потерь проникает под верхний однородный перемешанный слой, ее величина на глубине 40 м в 2,5 раза выше, чем в июле и октябре.

В нижних слоях моря (в слое 40 – 300 метров) осредненная изопикнически кинетическая энергия уменьшается с глубиной: в 10 раз – июль и октябрь, в 20 раз – ноябрь. Ее зависимость от плотности хорошо аппроксимируется линейной функцией.

Выявленная линейная зависимость между изопикнически осредненной по всему ансамблю станций кинетической энергией и условной плотностью может рассматриваться как установившийся баланс между скоростью поступления энергии в водную среду вследствие ветрового воздействия на поверхность моря и работой различных механизмов ее передачи, трансформации и диссипации по мере проникновения в толщу вод.

В целом можно констатировать, что наличие сезонного пикноклина затрудняет проникновение кинетической энергии из верхнего однородного перемешанного слоя в толщу вод и, сле-

довательно, ограничивает влияние ветрового воздействия на динамические процессы в нижележащих слоях моря. Вопрос, почему зависимость средней кинетической энергии от условной плотности носит линейный характер, на данный момент остается открытым.

Работа выполнена в рамках государственного задания по темам № 0827-2014-0010 и № 0827-2014-0011.

СЕЗОННАЯ И МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОЛОЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ И ТЕРМИЧЕСКИХ ФРОНТОВ БАРЕНЦЕВА, НОРВЕЖСКОГО И ГРЕНЛАНДСКОГО МОРЕЙ

Башмачников И.Л.

*СПбГУ, ФОНД «НАНСЕН-ЦЕНТР»,
г. Санкт-Петербург, Россия
igorb1969@mail.ru*

Ключевые слова: фронтальные зоны, сезонная и межгодовая изменчивость.

Для выделения динамических фронтов в Северо-Европейском бассейне и Баренцевом море использовались данные AVISO (1993 – 2014). Геострофические течения были рассчитаны с учетом функции сглаживания белого шума (Arbic et al., 2012). В связи с тем, что AVISO недостаточно хорошо воспроизводит данные скорости течений у побережья и в районе шельфа Гренландии, а также к северу от 78°с.ш. эти области были предварительно удалены из анализа. Термические фронты выделялись по Nordic Sea Atlas, который представляет собой ежемесячные карты распределения температуры на разных горизонтах, с 1900 по 2012 гг., составленные на основе массивов натуральных наблюдений.

В данных AVISO выделению климатических фронтов предшествовала фильтрация вихрей методом Гильберта-Хуанга. По фильтрованным данным фронтальные зоны выделялись модифицированным методом, описанным в Belkin and O'Reilly

(2009). По полученным результатам определялась частота встречаемости и общая протяженность фронтальных зон в каждой точке акватории по сезонам и в среднем по годовым интервалам с 1993 по 2012/2014 гг.

Динамические фронтальные зоны, полученные по полю уровня, фиксируют практически постоянно присутствующие фронты западной и восточной ветвей Норвежского течения, Восточно-Гренландского течения, а также Восточно-Исландского течения. Также часто наблюдаются фронтальные зоны в южной и северо-восточной частях Гренландской котловины. В Баренцевом море выделяются постоянно присутствующие фронты Мурманского, Нордкапского и Медвежинского течений. Основные термические фронтальные зоны в верхнем 150-метровом слое, в целом, совпадают с динамическими. Эпизодические фронтальные зоны наиболее характерны для восточных частей морей Северо-Европейского бассейна и центральной части Баренцева моря.

Сезонная изменчивость проявляется в увеличении суммарной протяженности фронтальных зон летом и уменьшении – зимой. При этом, осенью и зимой наблюдается большая выраженность фронта Восточной ветви Норвежского течения, а весной и летом – фронта Западной ветви Норвежского течения. Это говорит о вероятном сезонном перераспределении интенсивности потоков Атлантических вод между двумя ветвями Норвежского течения. В Баренцевом море зимой и осенью углубляется квазипостоянный меандр в районе Центральной котловины. При этом, Нордкапское течение соединяется с Мурманским в районе 35° в.д. Летом выраженный фронт Нордкапского течения прослеживается до восточной оконечности Центральной котловины.

Изменчивость среднегодовых значений общей протяженности фронтальных зон с 1993 по 2014 гг. показала незначительные колебания от года к году, но каких-либо значимых трендов выявлено не было.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-17-01151)

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЙ БЕРИНГОВА МОРЯ И ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИХ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Плотников В.В., Дубина В.А., Вакульская Н.М.

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
vlad_plot@poi.dvo.ru

Ключевые слова: ледовитость, архив, изменчивость, квазипериодические составляющие, оправдываемость, модель.

Ледовые условия Берингова моря являются главным природным лимитирующим фактором эффективного развития региона.

На основе всей доступной информации о состоянии ледяного покрова моря за период с 1960 по 2017 годы были исследованы процессы разномасштабной изменчивости и сделана оценка возможности их моделирования. В качестве оценки ледовых условий использовалась ледовитость. Временная дискретность наблюдений составила одну декаду.

Показано, что наибольшая инерционность процессов связана с периодами максимального развития ледовитости (с конца января по апрель). Радиус значащих связей в этот период достигает 9 – 12 декад, т.е. состояние ледовых условий именно в этот период и определяет дальнейшую ее эволюцию. Наименьшая инерционность процессов отмечена для начала ледового периода.

Статистический анализ представленных рядов на 5% уровне значимости не показал наличие заметных линейных трендов в многолетних распределениях ледовитостей. Однако отмечаются некоторые изменения характера внутрисезонных процессов – повышение интенсивности в период активного развития ледяного покрова (декабрь – февраль) и их последующее уменьшение от февраля к маю.

Для выявления и анализа возможных квазипериодических составляющих многолетней изменчивости ледовых процессов использовался гармонический анализ. Отмечено присутствие квазипериодических составляющих с периодами 2 – 3 года, 7 – 8 лет, 11 лет и 22 года. Однако наблюдается заметная неравномерность распределения весов отдельных циклических состав-

ляющих изменчивости. Если в периоды нарастания объемов льда преобладают процессы с 7 – 8 летней периодичностью, то в периоды разрушения льда прослеживается сдвиг энергонесущих характеристик в область более низких частот, и начинают преобладать колебания с периодами 11 лет и 22 года.

Наличие скрытых периодичностей показало, что достаточно эффективной моделью долгосрочного и сверхдолгосрочного прогноза может быть их суперпозиция. При этом в каждом конкретном случае рассчитывались свои периодичности, которые учитывались со своими весами.

Используя предложенный алгоритм, была сделана попытка фонового адаптивного прогноза ледовитости Берингова моря на период с 2000 по 2017 гг. В модели учитывалось около 90% изменчивости исходного процесса. Количество отбираемых гармоник при такой точности прогноза варьировалось от 3 до 7.

Оценки оправдываемости результатов модели прогноза среднемесячных (декабрь – май) значений ледовитости с заблаговременностью один год показали хорошие результаты. Оправдываемость оказалась в пределах от 75% (март) до 86% (февраль). При этом обеспеченность климатологических прогнозов составляет около 59%, т.е. эффективность модели достаточно очевидна. Базируясь на полученных оценках можно предполагать, что в целом предложенная модель достаточно адекватно отражает многолетнюю изменчивость ледовитости Берингова моря.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗНОМАСШТАБНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ

Пономарев В.И., Файман П.А., Дубина В.А., Лазарюк А.Ю.,
Марьина Е.Н.

*ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
pvi711@yandex.ru*

Ключевые слова: гидродинамическое моделирование, разно-масштабная изменчивость, циркуляция, дистанционные, контактные наблюдения, залив Петра Великого, Японское море.

На основе численного гидродинамического моделирования разномасштабной циркуляции с высоким пространственно-временным разрешением, анализа спутниковой информации и данных СТД съемок исследуется внутригодовая изменчивость системы течений, мезомасштабных и субмезомасштабных вихрей в различных районах залива Петра Великого. Выполнены численные эксперименты с двумя существенно отличающимися вихререзающими гидродинамическими моделями. Несколько экспериментов, в которых горизонтальное разрешение последовательно увеличивалось от 1,25 км до 0,5 км, проведено со слоистой квази-изопичнической моделью в Z-системе координат, разработанной в Морском гидрофизическом институте Н.Б. Шапиро и Э.Н. Михайловой. Вертикальное разрешение составляло 10 слоев, толщина и глубина залегания которых зависят от горизонтальных координат и времени.

Серия других экспериментов с максимальным горизонтальным разрешением 0,6 км и вертикальным 36 уровней проводилась с известной моделью ROMS. Эта модель реализуется в комбинированной S системе координат, частным случаем которой может служить сигма система координат, используемая в модели POM.

Географическая область моделирования циркуляции включает значительную часть Японской котловины и залив Петра Великого с учетом островов и проливов. В численных эксперимен-

тах, выполненных в 2016 – 2017 гг. с указанными моделями, задавались средние суточные метеорологические условия в конкретные годы из метеорологического реанализа NCEP и скорость приводного ветра из архивов спутниковых данных Daily ASCAT [Bentamy et. al., 2010]. В экспериментах с моделью РОМС граничные условия для переменной модели на открытых границах расчетной области, как и начальные условия, задавались из численного решения модели циркуляции в северо-западной части Тихого океана JCOPE2 [Miyazawa, 2004].

В предшествующих экспериментах с моделью МГИ, часть результатов которых опубликована, задавались средние за 20 лет ежесуточные метеорологические поля NCEP реанализа, граничные условия прилипания на всем контуре расчетной области, а также не учитывались речной сток и ледяной покров. Численные решения новых и предшествующих экспериментов с двумя гидродинамическими моделями сопоставлялись между собой, с данными контактных и дистанционных наблюдений в заливе Петра Великого и прилегающей части моря.

В результате определены основные особенности разномасштабной изменчивости струйных течений и вихрей в конкретные годы над материковым склоном, в прилегающей части Японской котловины, на внешнем и внутреннем шельфе залива Петра Великого, в том числе в мелководных районах Амурского и Уссурийского заливов. Показаны вертикальная структура системы взаимодействующих вихрей и струйных течений, ее сезонная изменчивость, бифуркация Приморского течения над кромкой шельфа и континентальным склоном Японской котловины, формирование чередующихся зон значительного увеличения скорости струйных течений при штормовом ветре.

Работа поддержана грантом РФФИ 15-05-03805, проектов Дальний Восток 15-И-1-003 и 15-И-1-047. Часть исследований, касающаяся численных экспериментов с высоким разрешением по моделированию разномасштабной циркуляции в заливе Петра Великого в конкретные годы, выполнена в рамках проекта no.~16--17--10025 Российского Научного Фонда.

КОРРЕЛЯЦИЯ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СОПРЯЖЕННЫХ СЛОЯХ АТМОСФЕРЫ И МОРЯ

Чухарев А.М.¹, Репина И.А.²

¹ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия,

²ИФА РАН, г. Москва, Россия

alexchukh@mail.ru

Ключевые слова: турбулентность, взаимодействие атмосферы и моря, субмезомасштабы, нестационарные процессы.

На основании синхронных натурных измерений широкого набора физических характеристик в приводном слое атмосферы и приповерхностном слое моря выявлены новые закономерности в процессах динамического взаимодействия моря и атмосферы. Наблюдения проводились на протяжении ряда лет сотрудниками Института физики атмосферы и Морского гидрофизического института посредством современной быстродействующей аппаратуры высокого разрешения, что позволяло исследовать мелкомасштабные процессы по обе стороны границы раздела двух сред и проводить верификацию моделей, как для моря, так и для атмосферы.

При комплексном анализе результатов наблюдений использовались традиционные методы корреляционного и спектрального анализа, а также вейвлет-анализ. Экспериментальные данные демонстрируют существование определенного вида корреляционных связей между процессами различного масштаба в сопряженных слоях моря и атмосферы. Наиболее четко изменение интенсивности турбулентности в море коррелировало с динамической скоростью в воздухе, в большинстве случаев коэффициент корреляции был в пределах 0,6 – 0,9. При слабых ветрах корреляция между этими величинами снижалась. Важной особенностью в наблюдаемых характеристиках в обеих средах было наличие многочасовых внутрисуточных и межсуточных (субмезомасштабных) периодичностей. Время реакции морской среды на изменение турбулентного потока импульса в атмосфере составляло от 1 до 10 – 12 ч. Таким образом, наблюдения ука-

зывают на существенно нестационарное протекание процессов вблизи поверхности, что сказывается на интенсивности взаимодействия атмосферы и моря. Верификация различных теоретических моделей также показывает лучшее соответствие нестационарных моделей результатам измерений.

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ПЕРЕНОС ТЕПЛА И СОЛИ ИНЕРЦИОННО-ГРАВИТАЦИОННЫМИ ВНУТРЕННИМИ ВОЛНАМИ В ДВУМЕРНОМ ПОТОКЕ

Слепышев А.А.^{1,2}, Воротников Д.И.³, Лактионова Н.В.²

¹ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия

²Филиал МГУ в г. Севастополе, г. Севастополь, Россия

³МГУ, г. Москва, Россия

slep55@mail.ru

Ключевые слова: внутренние волны, турбулентность, стоков дрейф, волновые потоки тепла и соли.

Внутренние волны повсеместно присутствуют в океане благодаря процессам, их порождающим – это атмосферные возмущения, взаимодействие течений и приливов с неоднородностями рельефа дна, излучение волн вихрями, гидродинамическая неустойчивость течений. По существующим представлениям вертикальный обмен в морской среде осуществляется благодаря мелкомасштабной турбулентности. Механизмы генерации мелкомасштабной турбулентности в стратифицированной толще моря ещё недостаточно изучены, укажем только на гидродинамическую неустойчивость волн и течений и обрушение внутренних волн. В пикноклине турбулентность сильно подавлена и представляется актуальным исследование вклада внутренних волн в вертикальный обмен, т.к. для этих волн пикноклин является волноводом. Внутренние волны при учете турбулентной вязкости и диффузии затухают. Вертикальные волновые потоки тепла и соли при этом отличны от нуля. Ниже будет показано, что у инерционно-гравитационных внутренних волн (при учете

вращения Земли) волновые потоки отличны от нуля и при неучете турбулентной вязкости и диффузии, если компонента скорости среднего течения, поперечная к направлению распространения волны, зависит от вертикальной координаты. Это связано с тем, что уравнение для амплитуды вертикальной скорости имеет комплексные коэффициенты, поэтому собственная функция и частота волны – комплексные (показано, что имеет место слабое затухание волны), что и обуславливает ненулевые вертикальные волновые потоки тепла и соли. Итак, в приближении Буссинеска рассматриваются свободные инерционно-гравитационные внутренние волны на двумерном течении с вертикальным сдвигом скорости в бассейне постоянной глубины. Две компоненты скорости течения зависят от вертикальной координаты. В линейном приближении находится дисперсионное соотношение и вертикальное распределение амплитуды волны, во втором порядке малости по крутизне волны находится скорость стокова дрейфа частиц жидкости и волновые потоки тепла и соли. Краевая задача для амплитуды вертикальной скорости решается численно по неявной схеме Адамса третьего порядка точности. Дисперсионные кривые первых двух мод испытывают обрезание в низкочастотной области (у второй моды на более высокой частоте), что обусловлено влиянием критических слоев, где частота волны со сдвигом Доплера равна инерционной. Вертикальные волновые потоки тепла и соли отличны от нуля, т.к. фазовый сдвиг между колебаниями температуры (солёности) и вертикальной скорости отличен от $\pi/2$. Вертикальная составляющая скорости стокова дрейфа также отлична от нуля и вносит свой вклад в волновой перенос, причем ее вклад в волновой поток соли – определяющий. Вертикальные волновые потоки тепла и соли могут быть сравнимы с турбулентными потоками, либо их превосходить. Скорость стокова дрейфа, поперечная к направлению распространения волны, также отлична от нуля при наличии течения, поперечная компонента скорости которого зависит от вертикальной координаты. Причем, поперечная скорость стокова дрейфа на порядок меньше продольной для 15-минутных внутренних волн, наблюдавшихся в

натурном эксперименте на северо-западном шельфе Черного моря.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2014-0010 «Комплексные междисциплинарные исследования океанологических процессов, определяющих функционирование и эволюцию систем Черного и Азовского морей на основе современных методов контроля состояния морской среды и гридтехнологий».

АНАЛИЗ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИРКУЛЯЦИИ В ЗОНАХ ФОРМИРОВАНИЯ МЕЗО- И СУБМЕЗОМАСШТАБНЫХ ВИХРЕЙ В 2006 И 2011 гг.

Демышев С.Г., Дымова О.А.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
olgadyt@yahoo.com*

Ключевые слова: Черное море, мезомасштабные вихри, субмезомасштабные вихри, кинетическая энергия, потенциальная энергия.

Динамические и энергетические характеристики циркуляции Черного моря рассчитаны на основе модели Морского гидрофизического института РАН. Проведено два численных эксперимента с пространственным разрешением по горизонтали 1,6 км, по вертикали учитывалось 27 z -горизонтов. Отличие между расчетами заключалось в использовании реального атмосферного воздействия за разные годы (2006 и 2011 гг.). По результатам экспериментов проведен анализ полей температуры, солёности, скоростей течений, слагаемых в уравнениях бюджета кинетической и потенциальной энергий. Рассчитаны и сопоставлены среднегодовые и среднесезонные энергетические балансы для 2006 и 2011 гг.

Получено, что в среднем за год в 2006 г. наблюдалось уменьшение полной энергии, в 2011 – ее увеличение. Приток энергии от ветра был примерно равным для обоих эксперимен-

тов, но в 2006 г. потери вследствие вертикального трения превысили вклад от ветра, что вызвало уменьшение кинетической энергии. В 2011 г. наблюдалась обратная ситуация: потери за счет вертикального трения были меньше, чем вклад от ветра.

Весенне-летний прогрев верхних слоев моря приводит к увеличению вертикальных градиентов плотности, что отражается в усилении работы силы плавучести и вертикальной турбулентной диффузии. Поэтому эти компоненты бюджета вносили наибольшие вклады в изменение потенциальной энергии. Средний за лето перепад температуры в верхнем 50-метровом слое составил 17°C в 2011 г. и $14,6^{\circ}\text{C}$ в 2006 г. Усиление стратификации привело к тому, что в 2011 г. вклад за счет вертикальной диффузии был почти в 5 раз больше, чем в 2006 г. и вертикальный диффузионный поток стал наиболее энергетически значимым процессом в балансе потенциальной энергии.

Уменьшение вклада от ветра в 2011 г. по сравнению с 2006 г. привело к меандрированию и уменьшению скорости Основного черноморского течения, тогда как в 2006 г. работа силы ветра его усиливала. Для обоих расчетов выявлена зависимость между интенсивностью Севастопольского и Батумского антициклонов и величинами работы силы давления и адвекции потенциальной энергии. В зонах увеличения орбитальных скоростей антициклонов наблюдалась смена знака этих энергетических характеристик. Установлено, что в весенне-летние периоды 2006 и 2011 гг. в северной и северо-восточной частях моря формирование мезомасштабных вихрей в преобладающей степени было обусловлено работой силы плавучести.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Фундаментальная океанология», № 0827-2014-0010).

ЦИРКУЛЯЦИЯ В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОКАЛЬНОГО СГУЩЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ СЕТКИ

Мизюк А.И., Алескерова А.А., Кубряков А.А.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
artem.mizyuk@yandex.ru*

Ключевые слова: Черное море, численное моделирование циркуляции, Керченский пролив, спутниковые изображения.

В работе исследованы особенности циркуляции вод в системе Азовского и Черного морей на основе численного моделирования на сетке с локальным улучшением пространственного разрешения. В качестве численной модели используется гидродинамический блок модели NEMO. Использование криволинейной сетки допускается в модельном комплексе и достигается за счет численного решения примитивных уравнений, записанных в локальной декартовой систем координат с учетом коэффициентов Ламе. Фокусы сетки реализуются непрерывной аналитической функцией и расположены в областях с проливами.

Топография дна была построена на основе открытого массива EMODNet. Выбор обусловлен высоким пространственным разрешением и удовлетворительными результатами сопоставления данного массива с полученным ранее цифровым массивом батиметрии для Черного моря МГИ. Рельеф дна сглажен специальным фильтром для уменьшения параметра шероховатости.

Размеры ячеек расчетной сетки в области Керченского пролива составляют порядка 3 км. Для сравнения: оперативная модель Центра морских прогнозов Морского гидрофизического институт РАН имеет разрешение 5 км.

В докладе обсуждаются результаты численного моделирования с использованием приведенной конфигурации. В полях термohалинных характеристик хорошо выражен водообмен между бассейнами морей. Например, при определенных направлениях ветра наблюдается перенос вод Азовского моря струей ОЧТ в сторону Крымского полуострова и далее. Результаты моделиро-

вания для отдельных дат сравниваются с данными спутниковых изображений высокого разрешения.

В целом, результаты моделирования качественно соответствуют спутниковым наблюдениям. Однако необходимо проведение дополнительных исследований с различными параметризациями горизонтального турбулентного перемешивания, а также постановкой граничных условий на твердых боковых границах для компонент скорости.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2014-0011 «Исследования закономерностей изменений состояния морской среды на основе оперативных наблюдений и данных системы диагноза, прогноза и реанализа состояния морских акваторий» (шифр «Оперативная океанография»).

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА АДАПТИВНОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ РЕАНАЛИЗА ПОЛЕЙ ЧЁРНОГО МОРЯ ПРИ ОГРАНИЧЕННЫХ ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И СОЛЁНОСТИ

Лишаев П.Н., Кныш В.В., Коротаев Г.К.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
pavellish@mail.ru*

Ключевые слова: адаптивная статистика, дисперсия ошибок прогноза, типичная дисперсия ошибок, реанализ, псевдоизмерения.

Обсуждаются результаты специальных численных экспериментов, направленных на совершенствование предложенного ранее метода адаптивной статистики, следующего из дискретно-непрерывного фильтра Калмана и используемого для ассимиляции данных наблюдений температуры и солёности в моделях. Основой метода являются дисперсии ошибок прогноза термодинамических параметров, рассчитываемые по соответствующим дифференциальным уравнениям и определяющие вес (вклад)

данных измерений в коррекцию модельной температуры (солености).

Уточнение метода состоит в использовании новых оценок типичных дисперсий ошибок прогноза и адаптации модельных дисперсий ошибок прогноза к циркуляции вод бассейна. Аprobация и валидация метода проводилась посредством воспроизведения гидрофизических полей Черного моря в ретроспективном анализе за 2012 год с ассимиляцией в модели МГИ в слое 100 – 500 м глубоководной области (глубины > 500 м) специфических трехмерных полей температуры и солености (псевдоизмерений). Последние восстановлены по оригинальной процедуре синтеза аномалий альтиметрического уровня и ограниченных данных измерений буев ARGO. Выбор слоя ассимиляции обусловлен необходимостью коррекции средней стратификации глубоководной области моря, а также расположения эволюционирующих синоптических вихрей.

Выявлены максимальные величины среднегодовых среднеквадратических отклонений (СКО): для солености – в халоклине (63 м), для температуры – в верхнем слое 0 – 100 м.

Построены графики на горизонтах слоя 100 – 500 м сезонной изменчивости средней по площади бассейна модельной дисперсии ошибок прогноза температуры (солености), а также аналогичные графики дисперсии разностей (невязок) между псевдоизмерением и модельным значением. Для температуры дисперсии невязок на горизонтах 100, 113 и 125 м несколько больше модельной дисперсии, а на горизонтах слоя 150 – 500 м они становятся меньше модельной дисперсии. Для солености характерно преобладание дисперсий невязок над модельными дисперсиями на большем количестве горизонтов, чем по температуре.

Получено, что пространственное распределение модельной дисперсии характеризуется повышенными значениями в циклонических круговоротах и циклонах (вес данных в модели больший) и пониженными величинами в антициклонах (вес данных в модели меньший). Соответственно, модуль невязок меньше в полях положительной завихренности и больше в полях отрицательной завихренности.

Выполнено сопоставление карт восстановленного в реанализе уровня моря и полученного по данным альтиметрии. Выявле-

но, что положения синоптических вихрей в обоих случаях близки. Ежесуточное среднеквадратическое отклонение модельного уровня относительно восстановленного по альтиметрии в период с марта по сентябрь меньше СКО, рассчитанного в прогнозе и в варианте с ассимиляцией псевдоизмерений по упрощенному методу ассимиляции.

Установлено, что использование метода адаптивной статистики для ассимиляции псевдоизмерений температуры и солености в реанализе за 2012 год позволило воспроизвести некоторые мезомасштабные вихри в полях течений, которые не были получены в прогностическом расчете и с использованием упрощенного метода ассимиляции.

ИЗУЧЕНИЕ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОЛЕЙ ЧЕРНОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ АССИМИЛЯЦИИ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ

Дорофеев В.Л., Сухих Л.И.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
viktor.dorofeev@mhi-ras.ru*

Ключевые слова: моделирование, ассимиляция данных, дистанционные измерения, Черное море, морская экосистема.

При изучении изменений, происходящих в морских системах, широкое распространение получил метод реанализа, который проводится на основе ассимиляции данных наблюдений в численных моделях. При этом могут рассматриваться как физические, так и биогеохимические системы. Метод реанализа включает в себя основные элементы: численная модель, адаптированная для рассматриваемого бассейна, данные измерений и алгоритм их ассимиляции в модели. В представленной работе анализируется эволюция полей Черного моря, как гидрофизических, так и биогеохимических, полученных в результате реанализа, выполненного на основе ассимиляции данных дистанционных измерений в численной модели экосистемы Черного моря.

Трехмерная модель экосистемы Черного моря представляет собой междисциплинарную модель, в которую входят блок, описывающий циркуляцию Черного моря, и биогеохимический блок, описывающий взаимодействие между различными компонентами экосистемы на нижнем уровне пищевой цепочки.

В качестве модели циркуляции Черного моря использовалась модель, разработанная в МГИ. Был выбран вариант модели с пространственным шагом 4,8 км, что позволило адекватно описывать синоптические процессы. По вертикали модель содержит 35 расчетных уровней, сгущающихся к морской поверхности. Для основного варианта физического реанализа (с 1993 по 2015 гг.) в качестве граничных условий на свободной поверхности использовались атмосферные поля, полученные по результатам атмосферного реанализа *ERA-Interim* (ECMWF). Модель ассимилировала спутниковые данные температуры поверхности моря и аномалии возвышения свободной поверхности. Результаты моделирования сравнивались с измеренными *in-situ* профилями температуры и солёности.

В работе проведено исследование чувствительности результатов реанализа к применявшемуся атмосферному воздействию. Для этого был выполнен расчет с атмосферным воздействием, полученным на основе региональной атмосферной модели MM5. Для периода времени, перекрывающегося обоими реанализами, проведено сравнение результатов и анализ различий.

На основе трехмерных гидрологических полей, полученных по результатам физического реанализа, был выполнен реанализ эволюции биогеохимических полей за период с 1998 по 2012 гг. Биогеохимический блок модели экосистемы Черного моря включает 15 переменных состояния и описывает процессы в верхнем 200-метровом слое моря. Шаг по пространству и расчетные горизонты соответствуют модели циркуляции. Поля скоростей течений, температура, солёность и коэффициенты турбулентного перемешивания являются входными параметрами в виде коэффициентов уравнений, описывающих эволюцию компонентов экосистемы. Важной особенностью выполненного био-реанализа является ассимиляция спутниковых измерений. Для этого использовались поля поверхностной концентрации хлорофилла-а, подготовленные ранее на основе продуктов

SeaWifs, *MODIS* и *MERIS* по разработанному специально для Черного моря алгоритму. Процедура ассимиляции основана на принципе релаксации полей, полученных по модели, к данным, подготовленным по изображениям сканеров.

Для оценки качества полученных полей было проведено их сравнение с доступными данными. Полученные в результате моделирования параметры экосистемы Черного моря не только качественно, но и количественно согласуются с имеющимися данными измерений.

ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ЧЕРНОГО МОРЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВЕТРОВОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

Сендеров М.В., Мизюк А.И.

ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
senderovmaxim@gmail.com

Ключевые слова: халинная структура, пролив Босфор, численное моделирование циркуляции, Черное море.

Черное море является внутренним бассейном, в связи с этим важную роль в формировании водных масс играет пролив Босфор, единственная связь моря с океаном.

Известно, что водообмен через Босфор обусловлен перепадом уровней и разной плотностью вод в Черном и Средиземном морях. Эти два фактора обуславливают наличие верхнебосфорского и нижнебосфорского течений, расход которых играет важную роль в водном балансе Черного моря. Существует большое количество работ, посвященное водообмену через пролив, что подчеркивает актуальность работ данного направления.

Настоящая работа посвящена изучению воздействия ветровой циркуляции и водообмена через пролив Босфор на формирование вертикальной структуры Черного моря. Для ее выполнения была использована междисциплинарная модель NEMO, в которой создана конфигурация для бассейнов Черного, Азовского и Мраморного морей с шагом по горизонтали порядка 20 км. В Мраморном море используется открытая граница, для которой

задаются профили температуры и солености. В начальный момент поверхность уровня была невозмущенной. В приведенной конфигурации учитываются климатические расходы 11 рек, в которых задаются среднемесячные значения температуры и солености. Также учитывалась средняя по акватории разность между испарением и осадками ($7,515 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$). Дискретизация по вертикали осуществляется с использованием 34 нерегулярных z -горизонтов с увеличением разрешения у поверхности. Шаг по времени – 10 минут.

Целью первых расчетов было исследовать влияние начальных условий в Черном и Азовском морях на формирование вертикальной халинной структуры. Расчеты проводились на 67 модельных лет. В них была выбрана равномерно распределенная по вертикали соленость равная 8‰, 12‰, 16‰, 18‰, 22‰, температура в начальный момент везде однородна и равна 6°C.

В этих расчетах формирование крупномасштабной циркуляции в черноморском бассейне происходит только благодаря стоку рек и водообмену через пролив.

В последующих расчетах в качестве граничных условий задавалось модельное ветровое воздействие с циклонической завихренностью. В этих расчетах использовалось начальное условие со значением солености 12‰. Результаты расчетов показали, что при наличии ветрового воздействия кинетическая энергия дольше выходит на квазистационарный уровень. В этих экспериментах вертикальное перемешивание усилилось, из-за чего галоклин стал более выражен.

Отметим, что ветровое воздействие повлияло на расход через пролив: произошло запирание высокосоленых Мраморноморских вод. Уменьшение расхода нижнебосфорского течения и более интенсивное вертикальное перемешивание привели к большему распреснению, по сравнению с расчетом без ветровой циркуляции на аналогичный период времени.

ИССЛЕДОВАНИЕ БАЛАНСОВ МАССЫ, ЭНЕРГИИ, ЗАВИХРЕННОСТИ В ДВУХСЛОЙНОЙ ВИХРЕРАЗРЕШАЮЩЕЙ МОДЕЛИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Павлушин А.А., Коротаев Г.К., Шапиро Н.Б.,
Михайлова Э.Н.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
pavlushin@mhi-ras.ru*

Ключевые слова: Черное море, завихренность течений, баланс энергии, баланс массы, гидродинамическая неустойчивость.

На основании результатов численных экспериментов по моделированию ветровой циркуляции в Черном море в рамках двухслойной вихреразрешающей модели были рассчитаны балансы массы, энергии и завихренности.

В обсуждаемых расчетах использовалось тангенциальное напряжение ветра с постоянной по пространству и времени завихренностью. Эксперименты проводились на длительный срок, достаточный для выхода решения на статистически равновесный режим, при котором все рассчитываемые характеристики модели изменялись относительно постоянных средних значений.

В численных экспериментах последовательно исследовалась роль различных факторов, таких как завихренность ветра, форма бассейна, β -эффект, рельеф дна, трение на дне и на поверхности раздела. Полученные в результате расчетов поля, а также потоки массы, энергии и завихренности рассматривались в виде суммы средних величин и пульсаций, связанных с образованием вихрей, обусловленных гидродинамической неустойчивостью течений.

Оценен относительный вклад средних течений и вихрей в дивергенцию потоков массы, характеризующую скорость перемещения границы слоев. На основании баланса завихренности, изучены механизмы генерации течений в нижнем слое. Дана оценка роли завихренности напряжения трения на поверхности раздела слоев и влияния вихрей.

Для исследования энергетики процессов были построены энергетические диаграммы, на которых видно, каким образом перераспределяется энергии в модели между средними и вихре-

выми составляющими кинетической и доступной потенциальной энергии в различных слоях, за счет каких процессов происходит поступление и сток энергии. В частности, в эксперименте с учетом рельефа дна и β -эффекта основной вклад в диссипацию энергии в море вносит придонное трение – 73%, из которых только 25% это диссипация за счет средних движений, а 48% – за счет вихревых движений. Оставшиеся 27% энергии диссипируют за счет горизонтальной турбулентной вязкости (6% за счет средних, 21% за счет вихревых движений).

Проведен анализ топографических волн Россби, захваченных береговым склоном, а также волн Россби, распространяющихся с востока на запад в глубоководной части моря. Показана их роль в распространении Основного Черноморского Течения (ОЧТ) на весь периметр Черного моря.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В РАЙОНЕ ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА НА ОСНОВЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ В ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ

Демышев С.Г., Евстигнеева Н.А.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
naevstigneeva@yandex.ru*

Ключевые слова: численное моделирование, прибрежная зона, ассимиляция данных наблюдений, гидрофизические поля, мезомасштабные особенности циркуляции.

Реконструкция трехмерной структуры гидрофизических полей с учетом контактных измерений – одна из актуальных задач современной океанологии.

Для усвоения в численной модели динамики использовались данные гидрологической съемки Морского гидрофизического института на НИС «Эксперимент», проведенной в период 16 – 22 сентября 2007 г. в прибрежной области Черного моря, включающей западное побережье Крыма и северо-западный шельф.

Максимальная глубина, до которой проводились измерения, изменялась от 5 до 65 м.

В качестве процедуры ассимиляции использовалась последовательная оптимальная интерполяция данных наблюдений по температуре и солёности. При проведении численного эксперимента учитывалось реальное атмосферное воздействие и высокое пространственное разрешение (1,6 км по горизонтали и 30 горизонтов по вертикали). На каждые сутки в период с 14 по 24 сентября 2007 г. для прибрежной зоны Черного моря построены поля уровня, течений, температуры и солёности.

Рассчитанные поля течений характеризовались мезомасштабными вихревыми образованиями и струями. В верхнем слое воды были получены следующие особенности циркуляции: циклонический вихрь в центральной части области, антициклонический вихрь в Каламитском заливе, интенсивные струйные течения, направленные на север, в центральной части области и вдоль западного берега.

Отмечено охлаждение и распреснение поверхностных вод, которое наиболее ярко проявлялось в приустьевых зонах, Каркинитском и Каламитском заливах. С учетом данных наблюдений формировались зоны более холодной распресненной и теплой соленой воды относительно прилегающих вод. Анализ рассчитанных гидрофизических полей позволил исследовать интенсивный прибрежный апвеллинг, проявившийся в выходе на поверхность вод верхней части холодного промежуточного слоя, подтвержденный спутниковыми данными и зафиксированный по данным наблюдений в Каламитском заливе в сентябре 2007 г.

На основе сравнения результатов двух численных экспериментов по расчету гидрофизических полей без усвоения и с усвоением данных измерений температуры и солёности дана оценка влияния усвоения данных наблюдений в численной модели на формирование термогидродинамических полей в сентябре 2007 г.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Оперативная океанография», № 0827-2014-0011).

ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИРКУЛЯЦИИ ВОД МРАМОРНОГО МОРЯ В 2008 г.

Демышев С.Г., Довгая С.В.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
dovgayasvetlana0309@yandex.ru*

Ключевые слова: гидродинамическая модель, Мраморное море, кинетическая энергия, потенциальная энергия.

Адекватное моделирование циркуляции вод Мраморного моря позволит правильно воспроизвести характеристики поступающих вод в проливы Босфор и Дарданеллы и, следовательно, в Черное и Средиземное моря. В данной работе на основе адаптированной к условиям Мраморного моря нелинейной гидродинамической модели МГИ на каждые сутки 2008 г. получены трехмерные поля гидродинамических и энергетических характеристик. Проинтегрированные по объему и осредненные за год слабые уравнения скорости изменения кинетической и потенциальной энергий позволили построить энергетическую блок-схему, которая характеризует работу основных сил.

Проведенный анализ карт пространственных распределений трехмерных полей гидродинамических и энергетических характеристик показал, что в поверхностном слое моря в центральной и прибрежной зонах моря образуются струйные течения, мезомасштабные и субмезомасштабные вихри. На их формирование оказывают влияние работа сил плавучести, трения и ветра. В среднегодовом бюджете кинетической энергии работа силы ветра и ее увеличение за счет работы силы плавучести компенсируется работой сил трения. Для скорости изменения потенциальной энергии в 2008 г. основной баланс наблюдается между работой адвекции, диффузии и силы плавучести.

СТРУКТУРА СПЕКТРОВ ФОНОВЫХ КОЛЕБАНИЙ В ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ТИПА

Мельников В.А., Москаленко Л.В., Кузеванова Н.И.,
Пиотух В.Б., Зацепин А.Г.

*ИО РАН, г. Москва, Россия
vmelnikov@ocean.ru*

Ключевые слова: системы гидродинамического типа, спектры, вэйвлеты, разномасштабные вариации, случайные блуждания, процесс фон Коха, красный шум, релаксация, самоподобие.

Предметом работы является исследование статистических свойств колебаний, наблюдающихся в геофизических системах гидродинамического типа. На примерах временных рядов гидрометеорологических, геофизических, экономических параметров, выяснены общие особенности структуры спектров, проявления самоподобия в спектральных и вэйвлет разложениях, а также определены причины и динамические механизмы, определяющих такие свойства.

Рассмотрены разномасштабные вариации: метеоэлементов по измерениям на метеостанциях; давления в центрах действия; атмосферных индексов; спутникового ветра; гидрологических параметров и течений в морях и в открытом океане; морского волнения; чисел Вольфа; некоторых экономических индексов.

С целью оценки сложных сочетаний разномасштабных атмосферных процессов построен модельный ряд изменений температуры воздуха на основе стандартных наблюдений на метеостанции г. Геленджика в период 1936 – 2016 гг. Модельный ряд состоит из квазигармонических циклов годовых и суточных колебаний, их обертонов и нормального шума, преобразованного при помощи авторегрессионного процесса первого порядка. Амплитуды главных циклов получены по соответствующим спектральным максимумам дисперсии, а фазы подобраны по отфильтрованным гармоникам. Модель фоновых колебаний по физическому смыслу соответствует динамической системе с экспоненциальной релаксацией температуры после воздействия

случайных флуктуаций. Показано, что построенный таким образом «красный» шум является источником самоподобия. Повсеместно встречающееся самоподобие (фрактальность) вариаций в геофизических рядах, когда изучаемый сигнал на больших масштабах (временных и пространственных) является растянутой копией сигнала на малых масштабах, проявляется в Фурье спектрах в виде повторяющихся интервалов линейного спада, разделённых узкими плато.

Для многих геофизических временных рядов спектры имеют «красный вид», с характерными максимумами на годовом и суточном периодах, с обертонами. Фон логарифмических спектров на низких частотах с периодами более 100 суток близок к белому шуму; спадает по частоте в степени -1 в интервале периодов 100 – 10 сут. и в степени -2 – в высокочастотной части спектров для периодов менее 10 суток. Такая структура спектрального фона может быть объяснена эвристически в рамках диффузионной концепции фликкер-шума. Локально, отклик геофизической системы на множественные случайные по фазе и амплитуде воздействия можно рассматривать как нормальный шум, преобразованный в системе с релаксацией, временной масштаб которой определяется физическими свойствами среды. Линейное падение логарифмического спектра хорошо описывается авторегрессионной моделью первого порядка.

С учётом нестационарности, неоднородности и перемежаемости геофизических вариаций, рассматривались вэйвлет-диаграммы и проинтегрированная по времени вэйвлет-плотность, которая является Фурье-спектром. С использованием вэйвлет и Фурье разложений проведено сравнение исследуемых временных рядов с тестовыми, заведомо фрактальными рядами типа «случайных блужданий», броуновского движения и кривой фон Коха.

Работа выполнена при поддержке РФФ (проект № 14-50-00095) и РФФИ (проекты № 14-05-00159 и № 15-05-04198).

ВЫДЕЛЕНИЕ ЗИМНИХ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ С КУМУЛЯТИВНЫМ ЭФФЕКТОМ В АЗОВСКОМ И КАСПИЙСКОМ МОРЯХ

Третьякова И.А.¹, Яицкая Н.А.^{1,2}

¹ИАЗ ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

²ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

ira.tretyakova@gmail.com

Ключевые слова: опасные природные явления, Азовское море, Каспийское море, нагонные явления, штормовое волнение.

Наибольшую угрозу человеку представляют опасные гидрометеорологические явления в случае их одновременного наступления. При этом наносится максимальный ущерб социально-экономическому комплексу. В зимний период разрушительный кумулятивный эффект может как уменьшаться, так и увеличиваться в зависимости от наличия или отсутствия ледового покрова.

Нагонные явления наблюдаются в мелководных водоемах, таких как Азовское море. В Каспийском море нагоны характерны преимущественно для северной части. Высота волнения в обоих морях значительна и может достигать 5 м. В Азовском море большая часть ветров эффективных направлений (западной составляющей) приходится на весенне-летний период, в Северном Каспии (юго-восточной и южной составляющей) – на осенне-зимний. В условиях умеренных и мягких зим сильные штормовые нагоны могут разрушать образующийся припай, что приводит к распространению льда вглубь берега.

Для выделения зимних кумулятивных явлений был обработан массив метеорологических данных прибрежных гидрометеостанций (ГМС). Поскольку и штормовое волнение, и нагонные явления вызваны воздействием ветра и циклонической активностью, проводился анализ следующих параметров: направление и скорость ветра, атмосферное давление. Для каждой станции были выделены ветра эффективных направлений. Нагонные явления развиваются при скорости ветра 8 – 10 м/с и

непрерывном воздействии на акваторию в течение нескольких часов. Для возникновения штормового волнения скорость должна быть не менее 15 м/с. Чтобы проследить ситуации с одновременным наступлением штормового волнения и нагона минимальные значения скорости ветра, рассматриваемые в работе, приняты 15 м/с. Так были выделены и объединены по срокам все подходящие случаи, зарегистрированные на ГМС.

Следующим этапом стала фильтрация полученных дат по наличию либо отсутствию льда, что является важным фактором возможного наступления суммы событий.

Выявлено, что в регионе Каспийского моря с середины 1980-х гг. произошла смена преобладающих направлений ветра: количество случаев с ветрами эффективных направлений в западной части Северного Каспия начало увеличиваться, в то время как в его восточной части наблюдалось уменьшение.

В Азовском море отмечено максимальное количество случаев зимой 1989 – 1990 гг. (7 случаев с продолжительностью ветрового воздействия 6 ч и более). В период с 2008 по 2015 гг. был зафиксирован всего один случай, который мог привести к опасному нагону.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов №16-35-00318 мол_а, №17-05-41190 РГО_а.

ОЦЕНКИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЭКМАНОВСКОЙ СКОРОСТИ В ЧЕРНОМ МОРЕ ПО ДАННЫМ О ВЕТРЕ РЕАНАЛИЗА ERA-INTERIM

Шокурова И.Г.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
igshokurova@mail.ru*

Ключевые слова: Черное море, ветер, направление ветра, экмановская вертикальная скорость.

По данным реанализа ERA Interim о скорости ветра на высоте 10 м над уровнем моря, с пространственным разрешением

0,75°×0,75°, интервалом 6 часов, за период времени 1979 – 2015 гг. вычисляется вертикальная экмановская скорость в Черном море, анализируется ее сезонный ход и пространственное распределение при синоптических ситуациях с ветром различного направления. Для каждого шестичасового срока в точках сетки по акватории моря рассчитывается напряжение трения ветра, завихренность напряжения трения ветра и вертикальная скорость на нижней границе экмановского слоя. Также для каждого срока определяется преобладающее над морем направление ветра, которое привязывается к одному из восьми основных географических направлений. Анализ зависимости величины и пространственного распределения вертикальной экмановской скорости от направления ветра проводится на основе составления композитов – группировки данных по срокам с определенным направлением ветра.

Получено, что в среднем за год и в среднем по акватории моря преобладает циклоническая завихренность напряжения трения ветра и положительная экмановская вертикальная скорость ($1,6 \cdot 10^{-7}$ м/с), означающая подъем вод. Сезонный цикл средней по акватории вертикальной экмановской скорости таков, что подъем вод усиливается зимой, достигая максимума в феврале и ослабевает летом – в июне экмановская скорость направлена вниз. Пространственное распределение величины и направления экмановской скорости, обусловленное распределением и знаком завихренности напряжения трения ветра, следующее. В зимние месяцы почти по всей акватории моря наблюдается положительная вертикальная экмановская скорость, с более высокими значениями в восточной части моря по сравнению с западной. В весенние и летние месяцы площадь областей с положительной скоростью уменьшается, а с отрицательной увеличивается. Летом их расположение таково, что в северо-восточной и юго-западной части моря находятся области с положительной скоростью (подъем вод), в северо-западной и юго-восточной – с отрицательной (опускание вод). Осенью размер областей с положительной скоростью возрастает. Ветровой режим заметно отражается на величине и пространственном распределении экмановской скорости. При синоптических ситуациях с преобладающим северо-западным, северным и северо-восточным направ-

лением ветра средняя по морю вертикальная экмановская скорость положительная в течение всего года, юго-западном и западном – отрицательная. Наибольшие значения положительной вертикальной скорости наблюдаются при ситуациях с преобладающим северо-восточным ветром, отрицательной – с западным и юго-западным ветром. В сезонных полях, за счет осреднения по разным синоптическим ситуациям, в каждой точке сетки происходит осреднение вертикальной экмановской скорости с разным знаком, поэтому ее значения невелики и не превышают $\pm 1,1 \cdot 10^{-6}$ м/с, в то время как для отдельных синоптических ситуаций величина экмановской скорости может достигать значений на порядок выше.

ОПУСКАНИЕ ВОД В ЭКМАНОВСКОМ СЛОЕ НАД НАКЛОННЫМ ДНОМ В ЧЕРНОМ МОРЕ

Елкин Д.Н., Зацепин А.Г.

*ИО РАН, г. Москва, Россия
dmelkin@mail.ru*

Ключевые слова: Черное море, континентальный склон, опускание вод, конвекция, лабораторное моделирование.

При наличии прибрежного течения, достигающего дна моря, образуется придонный экмановский слой (ПЭС), в котором перенос воды происходит перпендикулярно направлению течения и влево от него (в Северном полушарии). В случае прибрежного циклонического течения, или антициклонического течения вокруг острова, в ПЭС происходит перенос воды от берега, в области шельфа и континентального склона, и ее опускание по наклонному дну. Устойчивая плотностная стратификация водной среды ограничивает глубину опускания вод в ПЭС. Достигая определенной глубины опускания, вода в ПЭС должна останавливаться и конвективным образом перемешиваться с вышележащими водами.

Цель данной работы – воспроизведение динамики ПЭС с опусканием стратифицированных вод на наклонном дне в лабо-

раторных условиях и выполнение оценки глубины опускания применительно к черноморским условиям.

Опыты проводились в цилиндрическом бассейне, заполненном водой, расположенном на вращающейся платформе. В центре бассейна установлен усеченный конус с нижним основанием на дне бассейна. Над верхним основанием расположен пустотелый цилиндр, соединенный шлангом с сосудом Мариотта через отверстие в центре верхнего основания конуса. В верхней части цилиндра имеется щель, служащая кольцевым источником, через который из сосуда Мариотта в бассейн с постоянным расходом подается подкрашенная тимолом вода плотности ρ_1 : такой же, или меньшей, чем плотность ρ_0 воды в бассейне. Поступающая в бассейн вода образует «прибрежное» (прижатое к боковой поверхности цилиндра) фронтальное течение.

В случае $\rho_1 \approx \rho_0$, поступающая из источника на поверхность конуса вода, сначала образовывала расширявшееся радиально антициклоническое осесимметричное прибрежное течение. Через некоторое время ширина слоя подкрашенной воды и связанного с ним течения практически переставала расти, даже при подаче воды из источника. И в вязком ПЭС подкрашенная вода опускается вниз по склону, выходит со временем далеко за пределы фронтальной зоны слоя подкрашенной воды.

В случае $\rho_1 < \rho_0$ возможны два различных сценария эволюции фронтального течения: первый при небольшом $\Delta\rho$, а второй при большом $\Delta\rho$, где $\Delta\rho = \rho_1 - \rho_0$. В первом сценарии фронт течения достигал поверхности конуса и формировался ПЭС, в котором происходило опускание более легкой воды вниз по склону. Со временем, ПЭС испытывал конвективную неустойчивость и распадался на трехмерные вихревые структуры, в которых вода ПЭС медленно поднималась до поверхности воды. Во втором сценарии подкрашенная вода распространялась радиально по поверхности воды, и опускания более легкой воды не было. Установлены критерии перехода от первого сценария ко второму.

Описанные опыты показывают опускание более легкой воды в ПЭС, и в частности в области шельфа, и верхней части континентального склона в Черном море. Условием для его развития является Основное черноморское течение. При этом вблизи дна

сильное северо-западное вдольбереговое течение формирует ПЭС, в котором кислородосодержащая вода опускается на определенную глубину.

Теоретические расчеты и расчеты экспедиционных измерений позволяют предварительно оценить глубину опускания вод в черноморском ПЭС, данная оценка дает правильный порядок глубины опускания. В дальнейшем целесообразно организовать исследование этого процесса и связанных с ним процессов перемешивания.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-50-00095 и гранта РФФИ № 17-05-00381.

РАВНОВЕСНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ В ГЛУБОКОВОДНОЙ ОБЛАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Погребной А.Е.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
pogrebok57@mail.ru*

Ключевые слова: Черное море, структура течений.

Существует точка зрения, что для образования циркуляции вод Черного моря необходимо, чтобы у поля ветра над его поверхностью была завихренность соответствующего знака. В предлагаемой модели специальной структуры завихренности ветра не требуется, а циклоническая циркуляция вод связывается с их подъемом из черноморской котловины к поверхности из-за вытеснения более плотными мраморноморскими. Равновесие достигается за счет баланса уменьшения потенциальной энергии при опускании мраморноморских вод и ее увеличении процессами перемешивания (ветрового и геотермального). В рамках двухслойной модели геострофические течения зависят от топологии поверхности раздела между плотными глубинными и легкими поверхностными водами. Сила Кориолиса, с которой связаны эти течения, работы не производит, в энергетическом балансе не участвует и на форму поверхности раздела не влияет. Топологию поверхности раздела можно описывать уравнениями

равновесия (упругости). Граничные условия определяются конфигурацией кромки шельфа, так как глубинная водная масса полностью заполняет черноморскую котловину.

Для определения топологии поверхности раздела используются данные лабораторного эксперимента с растянутой упругой пленкой (те же управляющие уравнения) с фиксированной горизонтальной границей требуемой конфигурации. Рассчитанное по этим данным поле течений предполагает наличие всех основных звеньев черноморской циркуляции, географические особенности которых полностью соответствуют наблюдаемым в Черном море.

ЛИНЕЙНАЯ ТЕОРИЯ БРИЗОВОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ С УЧЕТОМ ФОНОВОГО ВЕТРА

Шокуров М.В., Краевская Н.Ю.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
shokurov.m@gmail.com*

Ключевые слова: бризовая циркуляция, линейная теория, инерционно-гравитационная волна.

Бризовая циркуляция является частым явлением вблизи берегов водоемов, которое влияет на погоду и климат этих областей.

Для исследования бриза успешно применяется линейная теория. Она позволяет рассмотреть бриз как внутреннюю инерционно-гравитационную волну, которая возникает вследствие реакции стратифицированной атмосферы на источник тепла, изменяющийся с суточной частотой. Реакция атмосферы определяется соотношением частот: частоты источника тепла и параметра Кориолиса. При этом существуют два режима циркуляции, которые наблюдаются южнее и севернее 30 градуса широты, где параметр Кориолиса равен частоте источника тепла. В первом случае бризовая циркуляция представляет две внутренние инерционно-гравитационные волны, распространяющиеся по горизонтали и вертикали, во втором – волны, захваченные вблизи поверхности.

Обычно, бризовая циркуляция наблюдается совместно с синоптическими процессами. Задача о влиянии однородного фонового потока на бризовую циркуляцию может быть рассмотрена с использованием линейной теории.

Как и в задаче без фонового ветра, реакция атмосферы будет различной для широт южнее и севернее 30 градуса широты. Южнее 30 градуса наблюдаются две распространяющиеся внутренние инерционно-гравитационные волны, деформированные фоновым ветром. Они аналогичны волнам с суточной частотой, наблюдающимся в случае бриза без фонового ветра. Совместно с ними существует третья, стационарная волна, распространяющаяся вверх от источника тепла на поверхности.

Севернее 30 градуса наблюдаются деформированные фоновым ветром, затухающие с высотой внутренние инерционно-гравитационные волны, а также стационарная волна, распространяющаяся от источника тепла.

В целом влияние фонового ветра на бризовую циркуляцию, заключается в деформации фоновым ветром структуры бриза, существующего без фонового ветра, и в появлении стационарной волны, распространяющейся от источника тепла. Наблюдающаяся стационарная волна напоминает волну, формирующуюся при обтекании потоком горы или стационарного источника тепла.

Работа выполнялась в рамках НИР Морского гидрофизического института РАН № 0827-2015-0001 «Климат».

МОНИТОРИНГ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПРИБРЕЖНЫЕ АКВАТОРИИ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫМ КОСМИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ

Бондур В.Г.¹, Воробьев В.Е.¹, Замшин В.В.¹,
Серебряный А.Н.¹, Латушкин А.А.², Ли М.Е.Г.²,
Мартынов О.В.²

¹НИИ «АЭРОКОСМОС», г. Москва, Россия

²ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия

vgbondur@aerocosmos.info

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, многоспектральные космические изображения, прибрежные акватории, антропогенные воздействия, глубинные стоки, индекс цвета, показатель ослабления света.

Представлены результаты комплексного мониторинга антропогенных воздействий на прибрежные акватории Черного моря, вызванных глубинными стоками. В качестве основных источников информации об объектах исследования использовались многоспектральные космические изображения различных типов, а также подспутниковые гидрооптические и гидроакустические данные, полученные с борта научно-исследовательских судов. В процессе проведения мониторинга систематизировано и проанализировано более 300 многоспектральных космических изображений, полученных с бортов спутников типа Ресурс-П, GeoEye, WorldView, Landsat, Sentinel-2 и др. для прибрежных акваторий вблизи городов Севастополь и Геленджик.

Для обработки космических многоспектральных изображений использовался подход, основанный на вычислении и анализе распределений характеристик относительной изменчивости сигналов обратного рассеяния в различных участках спектра электромагнитных волн («индексов цвета»). При этом установлено, что в контексте решаемой задачи наибольшей информативностью обладают индексы цвета $I_1 = G \cdot B$ и $I_2 = G/NIR$ (где G – зеленый, B – синий, NIR – ближний инфракрасный каналы

многоспектрального изображения), а также псевдоцветного изображения, сформированного по схеме RGB с использованием ближнего ИК-канала вместо красного («NIR,G,B»).

В результате обработки серии космических оптических многоспектральных изображений в 22-х случаях из 302 (13 – в районе г. Севастополь, 9 – в районе г. Геленджик) были обнаружены явные аномалии индексов цвета и относительно большие контрасты псевдоцветных изображений в зонах загрязнений.

Подспутниковые эксперименты проводились с помощью спектрального измерителя показателя ослабления света СИПО9 и акустических доплеровских профилометров ADCP, позволивших обнаружить наличие в воде затопленных струй загрязняющих веществ и провести валидацию результатов обработки космических данных.

На основании результатов комплексного анализа космических многоспектральных изображений и подспутниковых данных выявлены факты наличия интенсивных антропогенных воздействий в прибрежных акваториях у городов Севастополь и Геленджик, связанные с работой коллекторов заглубленных сбросовых устройств, определены зоны их распространения, интенсивность и частота проявления. Полученные результаты свидетельствуют об острой необходимости проведения восстановительных и природоохранных мероприятий в исследуемых регионах.

Исследования выполнены при поддержке Минобрнауки России (уникальный идентификатор проекта RFMEFI57716X0234, НШ-10007.2016.5).

ПОРТАЛ СПУТНИКОВЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ДАННЫХ И СЕРВИСОВ МОРСКОЙ ОТРАСЛИ

Хайбрахманов Т.С.

ООО ИТЦ «СКАНЭКС», г. Москва, Россия

haibrahmanov@scanex.ru

Ключевые слова: е-Навигация, безопасность судоходства, геоинформационная платформа, геосервисы, Морской портал, НТИ, МариНет.

Концепция е-Навигации является одной из ключевых инициатив Международной морской организации и предусматривает создание единой информационной среды всей отрасли морского транспорта. Важным элементом такой среды является единая геоинформационная платформа для сбора, обработки, хранения разнородных пространственных данных, а также для внедрения различных геоинформационных продуктов и сервисов в целях обеспечения высокой результативности морехозяйственной деятельности, повышения безопасности и эффективности судоходства.

В прошлом году компания «СКАНЭКС» приступила к разработке Портала спутниковых геоинформационных данных и сервисов морской отрасли (Морской портал, Scanex Maritime) в рамках Национальной технологической инициативы (НТИ) «МариНет». Морской портал представляет собой отечественную веб-платформу для широкого круга пользователей и служит для внедрения в практику морской отрасли базовых геоинформационных продуктов и сервисов е-Навигации, в том числе созданных на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ):

- сервисы специализированного гидрометеорологического обеспечения по мониторингу ледовой обстановки в замерзающих морях и доступа к сведениям о состоянии других параметров окружающей среды;
- сервисы контроля экологической обстановки в исключительной экономической зоне, в том числе сервисы экстренного реагирования на аварийные и чрезвычайные ситуации;

- сервисы контроля судоходства и на основе данных СУДС и спутниковых систем автоматической идентификации судов (С-АИС);
- сервисы оценки и прогноза продуктивности рыбопромысловых зон;
- мобильные сервисы и приложения для массового использования целевой аудиторией.

Указанные продукты e-Навигации найдут применение в основных сегментах морской отрасли: в области обеспечения производственной безопасности и эффективности добычи углеводородов на шельфе РФ, морского судоходства, рыбного промысла и производства аквакультуры, экологических и проектных изысканий.

Основываясь на данных аналитики (исследования Forecast International, «The Market for Civil & Commercial Remote Sensing Satellites»), можно ожидать рост интереса к продуктам на основе спутниковой информации со стороны конечных потребителей: владельцев крупных и маломерных судов, капитании портов, менеджеров логистических компаний, сотрудников государственных ведомств в области обеспечения безопасности судоходства и других групп потенциальных клиентов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПЕРЕНОСОВ МАССЫ И ТЕПЛА В ЮЖНОМ ОКЕАНЕ ПО ДАННЫМ АРГО И ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Лебедев К.В., Курносова М.О., Тараканов Р.Ю.

*ИО РАН, г Москва, Россия
KLebedev@ocean.ru*

Ключевые слова: моделирование, циркуляция, изменчивость, Антарктическое циркумполярное течение, Южный океан, ARGO.

Исследование изменчивости переносов в Южном океане проведено на основе модельных расчетов с использованием разработанной в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН

Арго-модели исследования глобального океана (АМИГО). Модель состоит из блока вариационной интерполяции на регулярную сетку данных профилирования ARGO и блока модельной гидродинамической адаптации вариационно проинтерполированных полей. Такая методика позволяет получать по нерегулярно расположенным данным измерений ARGO полный набор океанографических характеристик: температуру, соленость, плотность и скорость течений.

Предложенная методика модельных адаптационных расчетов океанографических характеристик Южного океана с использованием данных ARGO позволяет существенно повысить детализацию и реалистичность получаемых полей температуры, солености и течений, а также восстановить трехмерное поле скорости не только для районов, обеспеченных наблюдениями, но и в прибрежной области, где данные ARGO практически отсутствуют.

В результате модельных расчетов с использованием данных поплавков ARGO были получены величины расходов и теплопереносов в Южном океане и на его северной границе по 35 ю.ш., а также исследована их внутривековая изменчивость.

В Атлантический сектор через пролив Дрейка в среднем поступает 162 ± 5 Св воды, переносящей $1,7 \pm 0,07$ ПВт тепла. В переносах массы нет четко выраженного сезонного хода, в переносе тепла, напротив, хорошо прослеживается сезонный ход с минимальными значениями весной и максимумами летом южного полушария. Максимум расхода 173 Св был в мае 2006 г., минимум 149 Св – в июле 2007 г. Через северную границу в среднем приходит $0,6 \pm 0,6$ Св воды и уходит $0,3 \pm 0,2$ ПВт тепла.

Средние величины на разрезе Африка-Антарктида получились следующими: $162,6 \pm 5$ Св и $1,2 \pm 0,13$ ПВт. Здесь также нет выраженного сезонного хода в переносах массы. Перенос тепла имеет сезонный характер с максимумом зимой и минимумом весной южного полушария. Через северную границу в Индийский сектор в среднем приходит $15,4 \pm 3$ Св воды и $1,15 \pm 0,28$ ПВт тепла. Максимальный расход 24 Св был в июле 2010 г., минимальный расход в 8 Св – в январе 2014 г. На разрезе Австралия-Антарктида (117° в.д.) в среднем переносится 178 ± 6 Св воды и $2,05 \pm 0,12$ ПВт тепла. Изменчивость носит хорошо вы-

раженный сезонный характер, максимумы расхода и теплопереноса наблюдались зимой, а минимумы летом южного полушария. Максимальный расход 194 Св был в июле 2010 г., минимальный 165 Св – в январе 2010 г.

В Тихоокеанском секторе через разрез Австралия-Антарктида (149°в.д.) в среднем переносится 178 ± 6 Св воды и $2,55 \pm 0,13$ ПВт тепла. Через северную границу Тихоокеанского сектора в среднем уходит 16 ± 3 Св воды и $0,45 \pm 0,39$ ПВт тепла, максимальный расход 24,8 Св был в июле 2010 г., минимальный расход в 8,4 Св – в январе 2014 г. Изменчивость носит хорошо выраженный сезонный характер: максимальные значения приходится на зиму, минимальные – на лето южного полушария.

Расчет теплового бюджета Южного океана показывает, что он отрицательный везде, за исключением района южнее Австралии: -0,2 ПВт в Атлантическом, -0,3 ПВт в Индийском и -0,4 ПВт в Тихоокеанском секторах. На участке под Австралией наблюдается поступление в океан 0,5 ПВт тепла. Суммарно тепловой бюджет океана южнее 35°ю.ш. получился отрицательным: -0,4 ПВт.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №16-17-10149.

СОПОСТАВЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ТЕЧЕНИЙ В АКВАТОРИИ ЧЕРНОГО МОРЯ, ПОЛУЧЕННЫХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛЬНЫХ РАСЧЕТОВ СО СРЕДНИМИ СКОРОСТЯМИ ДРЕЙФА БУЕВ-ПРОФИЛЕМЕРОВ АРГО

Ратнер Ю.Б., Холод А.Л.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
yubrat@gmail.com*

Ключевые слова: Черное море, скорости течений, анализ, валидация, дрейф, буй-профилемер АРГО, статистические характеристики.

Выполнено сопоставление результатов анализа осредненных скоростей течений, полученных в Черноморском центре мор-

ских прогнозов (ЧЦМП) в период 2012 – 2015 гг. со средними скоростями дрейфа буев-профилемеров АРГО, рассчитанными за периоды времени между их последовательными погружениями-всплытиями. На основе полученных данных рассчитаны величины отклонений между расчетными средними скоростями течений, полученными с помощью модели циркуляции Морского гидрофизического института РАН (ФГБУН МГИ) и величинами, найденными по перемещениям буев-профилемеров АРГО. Приведенные в статье оценки статистических характеристик отклонений зональной и меридиональной компонент средних скоростей течений уточняют и дополняют результаты, полученные ранее, в ходе выполнения работ по проектам Европейского Союза MyOcean и MyOcean-2.

ОСОБЕННОСТИ ОБРАТНОГО РАДИОЛОКАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ПРИ МАЛЫХ УГЛАХ СКОЛЬЖЕНИЯ

Кориненко А.Е., Малиновский В.В., Кудрявцев В.Н.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
korinenko.alex@gmail.com*

Ключевые слова: радиолокационные исследования, малые углы падения, небрегговская компонента рассеяния.

Радиолокационные (РЛ) съемки морской поверхности при малых углах скольжения, характерные при использовании РЛ станций, установленных на морских платформах или судах, широко используются для решения прикладных задач. К таким задачам относятся, например, определение параметров волнения, скорости приповерхностных течений, скорости и направления приповерхностного ветра.

Особенность рассеяния РЛ сигнала от моря при малых углах скольжения заключается в том, что доля берегговской компоненты в этом случае мала, а основной вклад в эффективную площадь рассеяния (ЭПР) вносит небрегговская компонента, связанная с отражениями от нелинейных особенностей обрушаю-

щихся ветровых волн. Несмотря на все успехи по РЛ исследованию морской поверхности, физика формирования рассеянного радиолокационного сигнала при малых углах скольжения изучена недостаточна. Для использования в практических целях радиолокационной информации, получаемой при малых углах скольжения, целесообразным являлось бы построение геофизической модельной функции, аналогичной SMOD5 для S-диапазона, или NSCAT для Ku-диапазона.

Целью работы являлось проведение натурных исследований и последующий анализ РЛ данных для построения полуэмпирической модели, описывающей зависимость ЭПР морской поверхности от скорости ветра при различных азимутах наблюдения.

Для изучения особенностей формирования РЛ сигнала в 2015 году были проведены эксперименты на Стационарной океанографической платформе в Голубом заливе, пгт. Кацивели, Крым. В ходе работ использовался макет радиолокатора кругового обзора 3-х сантиметрового диапазона с горизонтальной поляризацией излучения/приема сигнала. Углы наблюдения морской поверхности составляли 6 град – 1 град.

Определение шумовых характеристик аппаратуры осуществлялось по записям РЛ сигнала в штилевых условиях при полном отсутствии РЛ отражений от моря. При последующей обработке радиолокационных данных, уровень шума вычитался из исходных значений сигнала. Далее, РЛ сигнал пересчитывался в значения удельной ЭПР морской поверхности по калибровочной зависимости, полученной по РЛ отражениям от уголкового отражателя.

В результате обработки данных получена полуэмпирическая зависимость УЭПР морской поверхности от скорости ветра при различных азимутах наблюдения. Показано, что значения коэффициентов практически не зависят от угла наблюдения.

В результате проведенного анализа получено, что зависимости УЭПР от скорости ветра в направлениях «на ветер», «перпендикулярно ветру» и «по ветру» хорошо описываются степенной зависимостью, но если в первых двух случаях показатель степени равен ~ 2.8 , то в направлении «по ветру» он составляет 3.8. Выполненный анализ показал, что при слабых и умеренных ветрах индикатрисы рассеяния имеют один максимум

при измерениях «на ветер» и минимум – «по ветру». При сильных ветрах в азимутальной зависимости УЭПР появляется второй максимум при $\varphi = 180^\circ$. Полученные в ходе эксперимента результаты показывают, что отношение сигналов «на ветер/перпендикулярно ветру» слабо зависит от скорости ветра. В то же время значения «на ветер/по ветру» с усилением ветра существенно снижаются.

Исследование выполнено в МГИ по теме государственного задания № 0827-2014-0010 «Фундаментальная океанология».

СОПОСТАВЛЕНИЕ ПРОДУКТОВ СЕНСОРОВ ШМСА-ВР КА «РЕСУРС-П» И МСУ-100 КА «МЕТЕОР-М» С ПРОДУКТАМИ ОПТИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ NASA

Федоров С.В.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
s.fedorov@mhi-ras.ru*

Ключевые слова: оптические мультиспектральные сенсоры, ШМСА-ВР, Ресурс-П, МСУ-100, Мереор-М.

Исследуются возможности использования данных оптических сенсоров ШМСА-ВР и МСУ-100 для задач спутниковой океанологии и оптической океанографии. Приводятся сравнительные оценки величин концентрации хлорофилла-А C_A и нормированной яркости восходящего из воды излучения $nL_w(\lambda)$ с данными аналогичных продуктов оптических сенсоров NASA (MODIS Aqua/Terra, VIIRS/S-NPP) и OLI/Landsat-8.

ШМСА-ВР (широкозахватная мультиспектральная аппаратура высокого разрешения), расположенная на российских спутниках типа «Ресурс-П», выполняет измерения яркости восходящего излучения в пяти спектральных каналах (0,43 – 0,51; 0,51 – 0,58; 0,60 – 0,70; 0,70 – 0,90; 0,70 – 0,80) с пространственным разрешением 24 м. Периодичность съемки за счет трех находящихся на орбите спутников составляет 1 сутки.

МСУ-100 (многозональное сканирующее устройство), входящее в состав комплекса многозональной космической съемки

КМСС российских спутников гидрометеорологического назначения Метеор-М №1 и Метеор-М №2, выполняет измерения яркости восходящего излучения в трех спектральных каналах (0,535 – 0,575; 0,63 – 0,68; 0,76 – 0,90) с пространственным разрешением 60 м. Периодичность съемки составляет 1 – 3 суток.

Данные всех российских спутников, включая КА типа «Ресурс-П» и «Метеор-М», поддерживаются и распространяются научным центром оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ) АО «Российские космические системы». Эти данные могут быть заказаны через банк базовых продуктов ББП (<http://bbp.ntsomz.ru>).

С целью оценки точности предлагаемых продуктов, полученных по данным российских спутников, было выполнено сравнение нормированной яркости восходящего из воды излучения $nL_w(\lambda)$ и концентрации хлорофилла-А C_A с аналогичными продуктами зарубежных оптических сенсоров (MODIS/Aqua, MODIS/Terra, VIIRS/S-NPP и OLI/Landsat-8).

Основные выводы по работе:

1. Пространственная структура поля концентрации хлорофилла-А C_A по данным измерений сенсора ШМСА-ВР аналогична данным зарубежных оптических сенсоров. Наиболее данные ШМСА-ВР согласуются с данными MODIS/Aqua. Максимальные величины $C_A = 1,8...2,4$ мг/м³ вдоль берега по данным российского спутника имеют большую пространственную протяженность.

2. Исследование спектральной зависимости нормированной яркости восходящего из воды излучения $nL_w(\lambda)$ показало, что величины, полученные по данным сенсора ШМСА-ВР в зеленой области спектра, сопоставимы с величинами по данным зарубежных сенсоров. В красной области спектра величины нормированной яркости примерно в 2 раза превышают аналогичные значения MODIS и OLI. Отличия в величинах $nL_w(\lambda)$ в красной области спектра, вероятно, связаны с ошибками в алгоритмах восстановления нормированной яркости. В синей области спектра величины $nL_w(488)$ сопоставимы для всех сенсоров, но на длинах волн 412 и 443 нм величины нормированной яркости по данным ШМСА-ВР в 2...5 раз превышают значения, полученные по данным американских сенсоров, и, в целом, противоречат

физической природе распространения солнечного излучения в морской воде. Причиной этого могут быть как ошибки расчетных алгоритмов, так и ошибки калибровки сенсора в синей области спектра.

3. На качественном уровне данные сенсора МСУ-100 воспроизводят пространственные особенности нормированной яркости $nL_w(\lambda)$, полученные по данным MODIS/Aqua, однако количественные оценки существенно ниже. В среднем величины $nL_w(555)$ по данным МСУ-100 меньше в 5 раз, а $nL_w(555)$ – в 10 раз.

ХАРАКТЕРИСТИКИ КОРОТКИХ ВЕТРОВЫХ ВОЛН ПО ДАННЫМ НАТУРНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Юровский Ю.Ю.¹, Кудрявцев В.Н.¹,
Гродский С.А.², Шапрон Б.³

¹ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия

²Университет Мэриленда, Колледж Парк, США

³IFREMER, г. Брест, Франция

уууurovsky@gmail.com

Ключевые слова: обратное рассеяние, радиолокация, короткие ветровые волны.

Рассеяние радиолокационного сигнала на морской поверхности определяется ее шероховатостью. Поэтому радиолокационные измерения потенциально могут быть использованы для оценки параметров ветровых волн, обеспечивающих обратное рассеяние. Как известно, ко-поляризационное рассеяние (ВВ и ГГ поляризации) определяется двумя основными механизмами: резонансное брегговское рассеяние (чувствительное к поляризации излучения) и неполяризованные отражения от обрушивающихся волн. Неполяризованная компонента может быть эффективно выделена при рассмотрении поляризационной разности (ПР). В этом случае ПР пропорциональна уровню спектра брегговских волн. Для оценки ПР в данной работе используется не-

давно разработанная эмпирическая модель сечения рассеяния морской поверхности Ка-диапазона, полученная на основе натуральных радиолокационных наблюдений с Океанографической платформы ЧПП РАН, а также другие опубликованные эмпирические геофизические модельные функции (ГМФ) для L-, C-, X-, и Ku-диапазонов (PALSAR, Aquarius, CSARMOD, XMOD, NSCAT4 и др). Эти данные позволяют по-новому взглянуть на физику коротких ветровых волн и исследовать статистические свойства и форму спектра в реальных условиях при разных скоростях ветра в широком диапазоне волновых чисел (от 20 рад/м до 1200 рад/м). Коротковолновые спектры, полученные по измерениям ПР, сравниваются с эмпирическими спектрами, а также с результатами натуральных оптических стереоскопических измерений, сделанных на Океанографической платформе ЧПП РАН. На основе сравнения предлагается пересмотр данной модели, который в дальнейшем может быть использован в различных геофизических приложениях.

Работа выполнена в МГИ по теме государственного задания № 0827-2014-0010 «Фундаментальная океанология».

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛНЕНИЯ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ЗОНЕ СОЛНЕЧНОГО БЛИКА

Юровская М.В., Кудрявцев В.Н.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
mvkosnik@gmail.com*

Ключевые слова: спектр волн, солнечный блик, обработка изображений, натурные исследования.

Исследования энергетического спектра волнения имеют обширные приложения в различных областях физики океана. В данной работе представлена реализация методики восстановления спектра возвышений морской поверхности по изображениям солнечного блика, сделанным с беспилотного летательного аппарата. Подход основан на представлении о линейной связи

вариаций яркости изображения в блике с уклонами длинных волн. Модуляционная передаточная функция рассчитывается непосредственно по сглаженной форме солнечного блика без введения дополнительных предположений об уровне спектра, функции распределения уклонов поверхности и т.д. Благодаря использованию нескольких областей изображения на разных участках солнечного блика, исключается сингулярность передаточной функции, возникающая из-за нуля знаменателя в формуле перехода от спектра яркости к спектру возвышений.

Представленные экспериментальные данные были получены в акватории Черного моря в п. Качивели (Крым) в 2015 г. Для верификации методики использовались синхронные измерения возвышений волн с помощью решетки струнных волнографов, расположенной на океанографической платформе в районе проведения эксперимента в 450 м от берега. Сопоставление полученных спектров с результатами измерений *in situ* продемонстрировало возможность аккуратной количественной оценки уровня и формы спектра возвышений волн по изображениям морской поверхности в зоне солнечного блика.

Работа выполнена в МГИ по теме государственного задания № 0827-2014-0010 «Фундаментальная океанология».

ДВУХФАЗНАЯ GS ТЕОРИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УПРУГИХ ВОЛН В НЕКОНСОЛИДИРОВАННЫХ МОРСКИХ ОСАДКАХ

Лисиутин В.А., Ярошенко А.А., Ластовенко О.Р.

*СевГУ, г. Севастополь, Россия
КФ ГМУ, г. Севастополь, Россия
vlisiutin@mail.ru*

Ключевые слова: неконсолидированные морские осадки, фазовая скорость, коэффициент затухания, межгранулярное трение.

В докладе развивается оригинальная океанологическая теория распространения упругих волн в неконсолидированных

морских осадках, основанная на теории Био и GS теории межгранулярного трения.

Приводятся основные положения и результаты теории Био-Столла, которая на протяжении десятилетий была практически единственной теорией распространения упругих волн в морских осадках. Обращается внимание на недостатки и противоречия теории Био-Столла: непричинность, отсутствие скелета в неконсолидированных осадках, несоответствующая эксперименту частотная зависимость затухания.

Приводятся основные положения и результаты конкурирующей GS теории межгранулярного трения, разработанной М. Букингом. Обращается внимание на центральную идею GS теории – деформационное упрочнение – нелинейное на микроскопическом уровне явление. Обращается внимание на недостаток GS теории – пренебрежение возможностью относительного движения флюида.

Приводятся результаты современных модификаций теории Био-Столла – теории BICSQS и BIMGS. Обращается внимание на недостатки и противоречия этих теорий (пренебрежение внутренним трением либо некаузальность, физическая нереализуемость одного из входных параметров, несоответствующая эксперименту частотная зависимость затухания).

Обращается внимание на результаты исследований российских ученых, в которых доказано, что гранулированная неконсолидированная среда является микронелинейной, из чего следует, что линейные теории, основанные на представлении о скелете являются несостоятельными.

Предлагается модификация GS теории, заключающаяся в преобразовании ее в двухфазную – подключении возможности относительного движения флюида.

Формулируются положения о среде (неконсолидированных осадках), которая обладает не только упругими свойствами, но и пластичностью и ползучестью.

Выводятся формулы для сжимаемости и эффективной плотности неконсолидированной среды. Подстановка выведенных формул в волновое уравнение приводит к квадратному (дисперсионному) уравнению, корни которого дают волновые числа

двух типов волн – быстрой и медленной компрессионных волн в неконсолидированной среде с внутренним трением.

Обращается внимание на принципиальное отличие модельной среды Био с порами в виде параллельных трубок от порового пространства неконсолидированной среды, где поры представляют собой сетевую структуру. Вводится понятие о перколяционной пористости в неконсолидированной среде – доле статической пористости, в которой возможно движение флюида. Модифицированная теория обозначается GS+F – теория межгранулярного взаимодействия с течением.

Приводятся результаты инверсии экспериментальных данных с помощью GS+F теории, из которых определяются два параметра порового пространства: структурный фактор и перколяционная пористость.

Проводится сравнительный анализ результатов GS и GS+F теории с экспериментальными данными, из которого следует, что GS+F теория показывает лучшее совпадение с экспериментом.

СЕКЦИЯ 2 «МОРСКИЕ РЕСУРСЫ, ИХ ОХРАНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ»

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ НАД АРКТИЧЕСКИМИ МОРЯМИ РОССИИ

**Сакерин С.М.¹, Кабанов Д.М.¹, Польшкин Вик.В.¹,
Чернов Д.Г.¹, Зенкова П.Н.¹, Козлов В.С.¹, Польшкин Вас.В.¹,
Терпугова С.А.¹, Панченко М.В.¹, Радионов В.Ф.²,
Кессель А.С.², Лисицын А.П.³, Шевченко В.П.³,
Политова Н.В.³**

¹*ИОА СО РАН, г. Томск, Россия*

²*ААНИИ, г. Санкт-Петербург, Россия*

³*ИО РАН, г. Москва, Россия*

sms@iao.ru

Ключевые слова: атмосферный аэрозоль, арктические моря России.

В последнее десятилетие на береговых станциях и с борта научных судов проводились исследования микрофизических и оптических характеристик атмосферного аэрозоля в различных районах Северного Ледовитого океана: 1) моря Баренцево и Карское, сентябрь – октябрь 2007 г. – 54 рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш»; 2) побережье моря Лаптевых (обсерватория Тикси), июнь 2010 г.; 3) побережье Гренландского моря (РНЦШ «Шпицберген»), 2011 – 2016 гг.; 4) моря Баренцево, Карское, Лаптевых и Восточно-Сибирское, август – сентябрь 2013 г. – НЭС «Академик Федоров»; 5) моря Чукотское, Восточно-Сибирское, август 2013 г. – УПС «Профессор Хлюстин»; 6) моря Баренцево, Карское, Лаптевых и Восточно-Сибирское, август – октябрь 2015 г. – НЭС «Академик Трешников»; 7) моря Баренцево и Карское, июль – август 2016 г. – 66 рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш»; 8) моря Баренцево и Карское, август – октябрь 2016 г. – 67 рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш».

В указанных экспедициях выполнялись единообразные измерения счетной концентрации частиц аэрозоля Na диаметром более 0,3 мкм (фотоэлектрические счетчики АЗ-5/10), массовой концентрации поглощающего вещества («сажи») Mbc в составе аэрозоля (аэталометр МДА, разработка ИОА СО РАН) и аэрозольной оптической толщи (АОТ) атмосферы в области спектра 0,34 – 2,14 мкм (солнечный фотометр SPM).

АОТ атмосферы измерялась в ситуациях, когда Солнце не было закрыто облаками, а концентрации аэрозоля и «сажи» в приземном слое – круглосуточно, каждый час.

В докладе приведены результаты обобщения и сравнения средних характеристик аэрозоля (Na , функции распределения частиц по объемам, Mbc , АОТ), измеренных в пяти секторах Северного Ледовитого океана – моря Баренцево, Карское, Гренландское (Шпицберген), Лаптевых и Дальневосточные – Чукотское вместе с Восточно-Сибирским.

Объем данных по микрофизическим параметрам аэрозоля, полученным в различных районах Арктики, составил: Баренцево море – 58 дней измерений, 5 экспедиций; Карское – 85 дней, 4 экспедиции; Гренландское (Шпицберген) – 574 дня за 6 лет измерений; Лаптевых – 43 дня, 3 экспедиции; Дальневосточные – 28 дней, 3 экспедиции. Усреднение данных всех экспедиций по отдельным морям позволило минимизировать влияние синоптической изменчивости и оценить особенности пространственного распределения характеристик аэрозоля.

Среди рассмотренных районов самые большие средние концентрации аэрозоля и «сажи» в приземном слое атмосферы получены на побережье Гренландского моря (Шпицберген): $Na = 7,4 \text{ см}^{-1}$, $Mbc = 0,15 \text{ мкг} \cdot \text{м}^{-3}$. По-видимому, здесь сказывается дополнительное влияние местных источников. Над арктическими морями проявилась тенденция уменьшения средних концентраций аэрозоля и «сажи» с запада на восток: от $Na = 7,2 \text{ см}^{-1}$ и $Mbc = 0,04 \text{ мкг} \cdot \text{м}^{-3}$ над Баренцевым морем до $Na = 2,9 \text{ см}^{-1}$, $Mbc = 0,02 \text{ мкг} \cdot \text{м}^{-3}$ над Дальневосточными морями.

Из-за повышенной облачности измерения спектральных АОТ атмосферы в арктических экспедициях выполнены в меньшем объеме: 46 дней наблюдений над морями и 235 дней на Шпицбергене. В распределении аэрозольного замутнения, в среднем,

тоже прослеживается снижение в восточном направлении. Например, среднее АОТ в области 0,5 мкм на арх. Шпицберген составляет 0,086, в секторах Баренцева моря – 0,08, Карского – 0,057, Лаптевых – 0,082, Дальневосточных – 0,03.

Авторы выражают благодарность В.П. Шмаргунову, С.А. Турчиновичу и А.П. Ростову за разработку фотометра и аэталометра. Исследования выполнялись при финансовой поддержке Комплексной программы фундаментальных исследований СО РАН – проекты № IX.133-3 и IX.135-8.

НОВОЗЕМЕЛЬСКАЯ БОРА: АНАЛИЗ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Ефимов В.В.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
vefim38@mail.ru*

Ключевые слова: бора, розы ветров, численная модель, вертикальная структура, блокирование, обрушение волн, потоки тепла.

Рассмотрены данные реанализа *ASRI* с целью выделения особенностей полей скорости и температуры в регионе Новой Земли. Выполнено численное моделирование развития боры с использованием модели региональной атмосферной циркуляции *WRF-ARW* для двух случаев, различающихся направлением ветра. Для юго-западного ветра воспроизведены поля скорости и температуры, а также выделены особенности, характерные для новоземельской боры – повышение температуры и скорости в области подветренного склона гор и прибрежного западного района Баренцева моря. В случае западного ветра бора не возникает. Дана оценка температурных контрастов при обтекании потоком воздуха гор Новой Земли, выделенных при обработке данных *ASRI*. Определена область больших скоростей и потоков явного и скрытого тепла, свидетельствующая о климатической роли архипелага Новой Земли. Показана климатообразующая роль Новой Земли в формировании температурного режима Баренцева моря.

НОВАЯ ТИПИЗАЦИЯ КРУПНОМАСШТАБНОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛЕЙ ДРЕЙФА СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА В ПЕРИОД С 1979 ПО 2017 гг.

Мушта А.В., Волков В.А., Демчев Д.М

ФОНД «НАНСЕН-ЦЕНТР», г. Санкт-Петербург, Россия
amushta@niersc.spb.ru

Ключевые слова: Арктика, Северный Ледовитый океан, морской лёд, дрейф льда, дистанционное зондирование, межгодовая изменчивость.

Изменчивость полей дрейфа льда играет существенную роль в формировании условий, определяющих изменение площади многолетних льдов в СЛО. Главными элементами крупномасштабной структуры циркуляции льдов в СЛО является Антициклональный круговорот (АЦК) в Американо-Арктической части и Трансарктическое течение (ТАТ) – в Евразийской. В динамике этих элементов циркуляции существуют временные циклы с преобладанием разных частот в Евразийской и Американо-Арктической частях СЛО, что отражается на колебаниях ледовитости (Беляков Л.Н., Волков В.А., 1984).

Первая типизация крупномасштабной циркуляции льда в Арктике (Гудкович З.М., 1961) включала в себя два типа дрейфа и была основана на классификации распределения атмосферного давления (Гордиенко П.А., Карелин Д.Б.).

Использование многолетних рядов полей циркуляции льдов (Pathfinder, Ifremer, с 1979 г.) позволило впервые на основании данных спутниковых наблюдений проиллюстрировать значительную межгодовую изменчивость крупномасштабных структур дрейфа (в зимний период). На основании анализа построенных уникальных карт дрейфа было выявлено три главных типа циркуляции льда: 1) с выраженным АЦК, занимающим большую часть СЛО (способствует накоплению льда), 2) с интенсивным ТАТ (создаёт условия для выноса льда из СЛО через пролив Фрама), 3) переходный «разделяющий» тип. Переходный тип дрейфа содействует возникновению ледовой оппозиции, сокращая динамическое взаимодействие между суббассей-

нами СЛО – выносной поток из моря Лаптевых к проливам Канадского архипелага запирает льды в Амеразийском бассейне, при этом освобождая Евразийские моря ото льда.

Типизация была сопоставлена с межгодовой изменчивостью типов атмосферной циркуляции согласно классификации атмосферных процессов Вангенгейма-Гирса-Дыдиной. Были определены основные типы синоптических процессов, способствующих длительному пребыванию морского льда в области с низкими температурами воздуха и создающих условия для накопления льда, а также синоптические процессы, создающие условия для выноса льда из СЛО.

Таким образом, наряду с влиянием трендов температуры воздуха, ключевое значение в формировании условий для нарастания/таяния льда имеют вариации структуры полей дрейфа льда в СЛО, происходящие под воздействием меняющихся типов атмосферной циркуляции.

Работа выполнена в рамках проекта Министерства образования и науки РФ «Суда и волны в полярных регионах» Соглашение №14.618.21.0005 от 18.11.2015, Уникальный идентификатор проекта: RFMEFI61815X0005

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИЛИВОВ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ РОССИИ

**Куликов М.Е.^{1,2}, Кондрин А.Т.¹, Куликов Е.А.²,
Медведев И.П.^{1,2,3}**

¹МГУ, г. Москва, Россия

²ИО РАН, г. Москва, Россия

³ИПГ, г. Москва, Россия

meksonesk@gmail.com

Ключевые слова: Арктика, приливы, гармонический анализ, сезонная изменчивость, Белое море, море Лаптевых, Чукотское море, ледовый покров, колебания уровня моря.

В данном исследовании рассматриваются колебания уровня моря, вызванные приливообразующими силами Луны и Солнца.

Основное внимание уделяется сезонной изменчивости характеристик приливов в морях российской Арктики.

Использованные в настоящем исследовании данные представляют собой массив ежечасных наблюдений за уровнем моря на 6 станциях в Белом, Лаптевых и Чукотском морях. Временное покрытие для беломорских станций включает относительно непрерывные ряды с 2004 по 2015 годы. Для станций восточного сектора Арктики имеется максимальный ряд с 1981 по 2005 годы для станции Тикси. Многолетние данные за указанный период для Лаптевых и Чукотского морей используются впервые в данной работе.

Для анализа сезонной изменчивости прилива были выбраны 6 основных приливных гармоник – суточные O_1 и K_1 , полусуточные N_2 , M_2 и S_2 , а также мелководная M_4 , характерная для Белого моря. Производился расчет средних амплитуд и фаз этих гармоник за каждый месяц, чтобы получить сезонный ход приливов в виде отклонения среднемесячных значений гармонических постоянных от среднемноголетних. Для этой цели использовался метод гармонического анализа приливов с помощью метода наименьших квадратов.

Была исследована сезонная изменчивость характера прилива, его величины и некоторых особенностей, в частности явления манихи, выраженного в запаздывании времени наступления полной воды прилива.

На основании результатов исследования можно сделать вывод, что классический гармонический анализ, который обычно применяется для предвычисления приливов, в условиях Арктики не дает точную оценку приливных колебаний уровня из-за сезонной изменчивости приливных характеристик в отдельных акваториях. Интерпретация сезонной изменчивости приливных характеристик с использованием новых подходов в обработке многолетних рядов при помощи гармонического анализа, представленная в настоящем исследовании, позволит уточнить карты распространения приливных волн (котидальные карты) важные для судоходства и прибрежного строительства в Арктике.

ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕДОВОГО ПОКРОВА В СЕВЕРНЫХ РАЙОНАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ С 1997 ПО 2016 ГОДЫ

Весман А.В.^{1,2}, Иванов Б.В.^{2,3}, Волков В.А.¹

¹ФОНД «НАНСЕН-ЦЕНТР», г. Санкт-Петербург, Россия

²ААНИИ, г. Санкт-Петербург, Россия

³СПбГУ, г. Санкт-Петербург, Россия

anna.vesman@gmail.com

Ключевые слова: Баренцево море, архипелаг Шпицберген, Атлантические воды, ледовые условия, полынья «залив Китобоев».

Шельф архипелага Шпицберген является ключевым районом рециркуляции и поступления в Арктический Бассейн более теплых и соленых Атлантических вод, это очень динамичный регион, который был подвержен существенным изменениям в XX – XXI веке. Атлантические воды, поступающие с Западно-Шпицбергенским течением, оказывают существенное воздействие на область к северу от Шпицбергена, которая также известна как полынья «залив Китобоев». Приток Атлантических вод (АВ) оказывает влияние на формирование ледовых условий в этой области. Он обеспечивает достаточно высокую температуру, чтобы предотвратить образование льда в зимний период и ускоряет таяние льда летом. Однако, не все изменения положения и конфигурации кромки льда могут быть объяснены температурой АВ.

На основании архива ледовых карт ААНИИ и Глобального архива о сплоченности льда (1.2, 2015), EUMETSAT Ocean and Sea Ice Satellite Application Facility ледовые условия были разделены на четыре основных класса: 1 – закрытый лед вокруг Шпицбергена; 2 – открытый водный путь в Баренцево море вокруг Шпицбергена; 3 – кромка льда к северу от Шпицбергена и не доходит до него; 4 – типичная полынья, кромка льда подходит к берегу Шпицбергена.

Архив включает в себя одну ледовую карту в неделю и начинается с 1997 года. Ледовые условия в этом регионе характеризуются высокой синоптической и межгодовой изменчивостью. В 1997 году преобладали ледовые условия 1 и 4 типов, полынья

существовала в основном в апреле – октябре, кромка льда не пересекает 82° северной широты. В более поздние годы кромка льда сдвигается на север и восток, полынья достигает архипелага Земля Франца Йозефа. В большую часть лет полынья существует с декабря по февраль, закрытый лед – апрель – май, открытая вода – август – октябрь. Были выделены годы с самыми легкими ледовыми условиями. Изменения в ледовом режиме были проанализированы совместно с температурой воздуха, температурой воды, индексами циркуляции атмосферы и ветровым режимом.

Исследование выполнено при поддержке совместного Российско-норвежского проекта «Развитие системы мониторинга и прогнозирования морского льда для поддержки безопасной работы и навигации в арктических морях» РФФИ и ИСН 15-55-20002

ДИНАМИКА РЕГИОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОРСКОГО ЛЬДА В АРКТИЧЕСКОМ БАССЕЙНЕ

Букатов А.Е., Букатов А.А.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
newisland@list.ru*

Ключевые слова: Арктика, морской лед, сплоченность морского льда, кромка морского льда, динамика кромки льда, теплообмен океана и атмосферы.

На основе данных о сплоченности морского льда за период 1969 – 2012 гг. выполнено исследование внутригодовой климатической изменчивости регионального распределения сплоченности морского льда в Арктике. Проведен анализ динамики среднемесячного климатического положения кромки льда на каждой из долгот вдоль ее периметра. Дана оценка скорости смещения кромки в широтном направлении. Выделены долготные сектора с максимальной и минимальной интенсивностью динамики положения кромки.

По среднегодовым значениям широты положения кромки для каждого градуса долготы рассчитана величина его линейного тренда. Положительный тренд (смещение на север) определяется для большинства районов. Наиболее значимая величина положительного тренда находится в Гренландском и Баренцевом морях, в районе Чукотского моря и Берингова пролива. Отмечены районы и с отрицательным трендом. Они наблюдаются у полуострова Таймыр и в восточной части Карского моря.

На основе спектрального анализа выявлены временные циклы отклонений среднемесячных значений широты положения кромки от его линейного тренда. Установлено, что главный сигнал в распределении спектральной плотности по частоте приходится на колебания с одним циклом в год. Колебания с максимальной спектральной плотностью происходят в Баренцевом море. В спектре колебаний присутствуют и гармоники с двумя, тремя и четырьмя циклами в год, а также низкочастотные колебания с периодом от двух и более лет.

Выполнен анализ внутригодовой климатической реакции широтного смещения кромки морского льда в Арктике на изменчивость крупномасштабной атмосферной циркуляции Арктическое колебание и Северо-Атлантическое колебание, а также положения северной границы теплого течения Гольфстрим и солнечной активности. Показано, что в зависимости от долготного сектора отклик географического положения кромки на изменения индексов атмосферной циркуляции и индекса Гольфстрим может проявляться как квазисинхронно, так и с запаздыванием или опережением. Дана оценка корреляционной связи широтного смещения кромки вдоль ее периметра с изменением чисел Вольфа.

Проведено исследование межгодовой изменчивости тепла, уходящего в атмосферу через поверхность океана в широтной полосе между 50°с.ш. и 70°с.ш., и в полярной области севернее 70°с.ш. Показано, что межгодовые распределения уходящего из океана общего по региону потока тепла в холодный (март – октябрь) период и суммарного за весь год качественно похожи. Увеличение толщины льда в областях его заданной реальной сплоченности и толщины слоя снега, покрывающего лед, приводит к уменьшению суммарной по площади теплоотдачи. В теп-

лый период интенсивность теплоотдачи значительно меньшая, чем в холодный.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2015-0001.

ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ПОЛЯ ПЛОТНОСТИ В ПРИОКЕАНСКИХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ РОССИИ

Букатов А.Е., Павленко Е.А., Соловей Н.М.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
ne.le.7@hotmail.com*

Ключевые слова: арктические моря, плотность, стратификация, частота плавучести, устойчивость, внутригодовая изменчивость.

В настоящее время изменение климата в Арктическом регионе идет значительно быстрее, чем в среднем по планете. В результате глобальных климатических изменений наблюдается сокращение площади морского льда, отмечены изменения в вертикальной структуре верхнего слоя океана. Из арктических морей России особым образом выделяются Баренцево и Чукотское моря, которые испытывают сильное воздействие соответственно Атлантического и Тихого океанов. Это служит важным фактором формирования особенностей их гидрологического режима.

В данной работе на основе среднемесячных массивов по температуре и солёности за период 1955 – 2012 гг. (World Ocean Atlas – 2013) для акваторий Баренцева и Чукотского морей в узлах четверть-градусной сетки рассчитывалась плотность. По плотности выполнялся анализ вертикальной структуры частоты плавучести ($N(z)$). Исследовались особенности пространственного распределения и внутригодового хода средних многолетних значений максимума частоты Вьяйсяля-Брента ($N_{\max}(z)$) и глубины его залегания.

Установлено, что во всех районах Баренцева и Чукотского морей наибольшие значения максимума частоты плавучести наблюдаются в летние месяцы. Это объясняется наличием в летнее время на поверхности моря сильно опреснённых вод, которые, рас-

полагаясь над более тяжёлыми морскими водами, создают большой градиент плотности. Более высокие значения $N_{\max}(z)$ отмечаются на юго-востоке и севере Баренцева моря, более низкие — в его западном и центральном районах. В западном и северном районах Чукотского моря стратификация вод сильнее и значения $N_{\max}(z)$ больше, чем в южной и восточной частях.

Значения $N_{\max}(z)$ от июня к июлю увеличиваются по всей площади Баренцева моря. Особенно большое повышение наблюдается в юго-восточной части моря — в районе южной оконечности Новой Земли.

В летний период у западного побережья Чукотского моря, в зоне влияния речного стока рек Амгуэмы, Ноатак и Кобук, расположены воды с высокими значениями $N_{\max}(z)$. Здесь наибольшие значения максимума частоты плавучести отмечаются в августе. На северо-востоке России таяние снега происходит позже, чем в северо-западной её части. Поэтому наибольшие значения частоты плавучести в Чукотском море достигаются позднее, чем в Баренцевом море.

От августа к сентябрю в результате уменьшения поступления в море пресных материковых вод, прекращения интенсивного таяния льдов в северных широтах и развития процессов отрицательного теплообмена поверхностного слоя воды с воздухом происходит уменьшение устойчивости вод по всей акватории Баренцева и Чукотского морей. Температура поверхностного слоя вод понижается, плотность увеличивается, что приводит к развитию конвективного перемешивания и к уменьшению стратификации вод.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ МОРСКОГО ЛЬДА ПО АКВАТОРИЯМ ТАМАНСКОГО И ДИНСКОГО ЗАЛИВОВ

Букатов А.Е., Завьялов Д.Д., Соломаха Т.А.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
zavyalov.dd@mhi-ras.ru*

Ключевые слова: Таманский залив, Динской залив, термодинамика морского льда, распределение толщины льда.

Предложена одномерная термодинамическая модель, адаптированная к физико-географическим условиям Керченского пролива. На ее основе выполнено исследование сезонной эволюции толщины образующегося в Таманском и Динском заливах морского льда зимой 2007 – 2008 гг. Проведен анализ зависимости региональной изменчивости толщины льда от метеорологических и гидрологических условий.

Показано, что в зависимости от вида атмосферных процессов, увеличение толщины льда в Таманском заливе может происходить как в зональном направлении с запада на восток (интенсивный рост льда в первой декаде января – второй декаде января), так и в меридиональном с юга на север (кратковременное потепление в третьей декаде января – первой декаде февраля, повторное льдообразование в первой декаде февраля – второй декаде февраля). Результаты модельных расчетов подтверждают тот факт, что при ультраполярном вторжении холодных воздушных масс образование ледового покрова на всей акватории залива проходит примерно за 2 – 3 суток. При положительной температуре воздуха разрушение ледового покрова также происходит достаточно активно. В период таяния скорость уменьшения толщины льда может достигать значения 4 см/сут. Изменение солености подледной воды, связанной с ростом толщины льда, достаточно заметно в мелководных районах Динского залива, вдоль восточного берега косы Чушка а также в северной и северо-восточной окраинах залива.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2015-0001 «Фундаментальные исследования процессов в

системе океан-атмосфера-литосфера, определяющих пространственно-временную изменчивость природной среды и климата глобального и регионального масштабов».

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СИСТЕМНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Тимченко И.Е., Игумнова Е.М.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
timchenko.syst.analysis@mhi-ras.ru*

Ключевые слова: системный подход, ресурсная емкость среды, адаптивные модели эколого-экономических систем, управление.

В соответствии с основными концепциями экологической экономики для решения проблемы потребления и воспроизводства возобновляемых природных ресурсов необходим системный подход. Основанное на этом подходе «системное» природопользование означает нахождение и поддержание рационального баланса потребления и воспроизводства природных ресурсов на основе информационных технологий диагноза и прогноза сценариев социальных эколого-экономических процессов. На практике в сложных системах «производство – природная среда – общество» рациональный баланс потребления и воспроизводства природных ресурсов означает непрерывное слежение за динамикой использования ресурсной емкости природной экосистемы и принятие управленческих решений по ограничению потребления ее ресурсов, когда эта емкость сокращается до критических для экосистемы значений. Поэтому для построения информационной технологии управления природопользованием необходима, прежде всего, интегральная модель ресурсного потенциала природной среды.

В докладе предложен один из возможных вариантов подобной модели. Ресурсный потенциал природной среды по данному виду ресурса характеризуется двумя связанными между собой функциями: функцией ресурсной емкости и функцией дефицита восстановленных ресурсов. Функция ресурсной емкости опре-

делена как отношение интегрального объема восстановленных за некоторый промежуток времени ресурсов к объему потребленных ресурсов за это же время. Функция дефицита восстановленных ресурсов представлена разностью интегральных объемов потребленных и восстановленных ресурсов.

Для контроля над динамикой ресурсной емкости природной среды информационная технология управления природопользованием должна иметь в своем составе динамическую модель эколого-экономической системы, которая содержит уравнения процессов производства, процессов состояния природной среды, а также агенты, контролирующие потребление ресурсов по критериям экономической эффективности производства и сохранения природной среды. Перспективным классом динамических моделей управления природопользованием являются адаптивные модели эколого-экономических систем, построенные методом адаптивного баланса влияний.

Рассматриваются основные свойства адаптивных моделей, имеющие сбалансированные обратные связи между переменными и скоростями их изменения. Выделяется класс моделей, построенных на уравнениях логистического типа, у которых отрицательные обратные связи, стабилизирующие решения, имеют второй порядок переменных в каждом из уравнений модели. Преимущества этого класса моделей заключаются в быстрой сходимости и устойчивости алгоритмов численного решения уравнений, что позволяет включать в правые части уравнений логические операторы (агенты управления), принимающие локальные управленческие решения.

Приведены примеры управления сценариями рационального природопользования на основе адаптивных моделей эколого-экономических систем «берег – море». Обсуждаются методы определения коэффициентов моделей и способы ассимиляции в них данных наблюдений. Показано, что использование агентов управления дает возможность устанавливать такие режимы потребления ресурсов, которые обеспечивают высокую рентабельность производства экономической подсистемы «берег» при одновременном ограничении уровня загрязнения морской среды и сохранении индекса ее биоразнообразия. Исследованы преимущества перевода производства на экологически чистые тех-

нологии путем инвестиций части прибыли в природоохранные действия.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭКОСИСТЕМЫ АКВАКУЛЬТУРЫ МИДИЙ В ЕЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ПРИРОДНОЙ СРЕДОЙ

Васечкина Е.Ф.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
vasechkina.elena@gmail.com*

Ключевые слова: модель энергетического баланса, индивидуум-ориентированное моделирование, приемная емкость, культивирование двустворчатых моллюсков

В ряде работ показано, что интенсивное выращивание моллюсков на больших акваториях приводит к сдвигам химико-биологического состояния как пелагических, так и бентосных экосистем. Такие эффекты возможно отслеживать путем проведения комплексного мониторинга акваторий, использующихся под аквакультуру. Данные, которые можно получить в результате выполнения подобных программ, крайне важны для понимания биохимических процессов в экосистеме и управления объектом. Однако, такой мониторинг должен быть достаточно длительным и охватывать большую площадь, что обуславливает его высокую стоимость. В качестве альтернативы для решения задач планирования и оперативного управления объектами марикультуры в последнее десятилетие предложены компьютерные имитационные модели морских ферм, с помощью которых можно оценивать приемную емкость акватории и прогнозировать будущие изменения в экосистеме, что позволит вовремя нивелировать вредные последствия. Эти разработки можно условно разделить на локальные (ограниченные акваторией фермы) и пространственные модели, причем в последнем классе можно выделить боксовые модели и модели высокого разрешения.

Имитационные модели аквакультуры всегда требуют того или иного описания гидродинамической циркуляции в области

расположения морского хозяйства. Пространственные модели обладают большим потенциалом, поскольку позволяют исследовать изменения биохимического состояния природной экосистемы на значительном удалении от собственно объекта марикультуры. Модели с гидродинамической частью высокого разрешения наиболее предпочтительны для целей пространственного планирования, однако требуют детального задания внешних и граничных условий, что не всегда возможно из-за отсутствия адекватных данных наблюдений.

Гидродинамические части моделей могут быть двух- или трехмерными, стыковка биохимического и гидродинамического блоков может быть онлайн или офлайн. При офлайн состыковке гидродинамическая часть модели просчитывается первой, и в гидрохимический блок поступает информация о скоростях течений, температуре и солености как о внешних переменных. При различии временных шагов осуществляется осреднение переменных в пределах шага по времени, заданного в биохимическом блоке. При онлайн состыковке обе субмодели имеют один и тот же временной шаг и работают одновременно. Боксовые модели имеют существенно более грубое пространственное разрешение и описывают циркуляцию в виде осредненных потоков. Выбор того или иного варианта модели определяется конкретными задачами исследования, планирования или управления объектами марикультуры.

В настоящей работе представлена пространственная объектно-ориентированная модель экосистемы пелагиали, включающей в себя искусственную подсистему аквакультуры мидий. Модель содержит интерфейс для офлайн состыковки с гидродинамической моделью высокого разрешения. Математическая модель роста культивируемых видов базируется на описании энергетического баланса отдельных особей и возникающих вследствие их жизнедеятельности потоков энергии и вещества между плантацией и окружающей средой. Индивидуум-ориентированный подход позволяет в явном виде воспроизводить в модели наблюдаемую индивидуальную изменчивость мидий. Результаты имитационных экспериментов свидетельствуют о значимости такого учета для оценки динамики интегральных продукционных характеристик морской фермы.

ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЛЕЙ ЭКОСИСТЕМЫ ВЕРХНЕГО СЛОЯ МОРЯ ПО СПУТНИКОВЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ

Лазарчук И.П., Игумнова Е.М., Тимченко И.Е.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
lazarchuk.syst.analysis@mhi-ras.ru*

Ключевые слова: адаптивная модель, морская экосистема, коэффициенты влияний, ассимиляция наблюдений, карты полей.

Растущий объем спутниковых наблюдений характеристик верхнего слоя моря позволяет следить за динамикой полей экосистемы верхнего слоя моря. Этой цели служат динамические модели экосистем, позволяющие ассимилировать спутниковую информацию о температуре моря, концентрации хлорофилла *a*, возвышении уровня и других характеристиках морской поверхности. Разработаны методы ассимиляции наблюдений в численных моделях динамики океана, дополненных уравнениями диффузии химико-биологических переменных экосистем. Наряду с подобными моделями класса «реакция – адвекция – диффузия» представляет интерес использование спутниковых данных одновременно с расчетными данными о динамике морской среды для ассимиляции их в одномерных (по времени) адаптивных моделях экосистем верхнего слоя моря. Потенциальный выигрыш от такого подхода заключается в относительной простоте адаптивных моделей экосистем, обладающих свойством автоматической подстройки биохимических переменных к спутниковым наблюдениям и к расчетным данным о переносе и диффузии моделируемых субстанций.

В докладе обсуждаются возможности этого подхода на примере построения карт, отражающих динамику полей концентраций фито и зоопланктона, биогенных элементов, детрита и других химико-биологических характеристик верхнего слоя для района западной части Черного моря. Основным свойством адаптивных моделей экосистем является автоматическое сохранение материальных балансов веществ, участвующих в реакци-

ях преобразования ресурсов экосистемы в ее продукты. В этих моделях коэффициенты влияний показывают, какие приращения (положительные или отрицательные) продуктов реакций, способны обеспечить конкретные виды имеющихся ресурсов в морской среде. Однако получить экспериментально подобные оценки затруднительно. Поэтому для определения коэффициентов влияний используются архивные данные об изменчивости биохимических процессов в конкретном районе моря.

В докладе на основе анализа литературных источников определены средние значения концентраций моделируемых полей экосистемы западной части Черного моря. По ним построены нормированные оценки коэффициентов влияний и выполнена ассимиляция спутниковых данных о концентрации хлорофилла *a* и данных о динамике процессов в верхнем слое моря, рассчитанных по гидродинамической модели. Построены и проанализированы карты моделируемых полей экосистемы. Показано, что ассимилируемые в адаптивной модели экосистемы данные приводят к согласованным отклонениям сценариев биохимических переменных от их стационарных значений, причем адаптивная модель обладает высокой чувствительностью к ассимилируемым данным.

АДАПТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НИТРИФИКАЦИИ В СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЕ

Свищев С.В.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
sergsvishchev09@gmail.com*

Ключевые слова: адаптивные модели, Севастопольская бухта, нитрификация.

Круговорот биогенных элементов представляет собой один из ключевых механизмов формирования устойчивой экосистемы. Отсюда следует крайняя актуальность достоверного оптимального описания процессов в экосистемах, в том числе, процессов круговорота азота, как одного из основных биогенных

элементов, определяющих качество воды и продуктивность водных объектов.

Однако многообразие процессов круговорота приводит к созданию сложных многокомпонентных имитационных моделей, которые оказываются недостоверными из-за неопределенности входящих в модели параметров и возможности получения качественно различных прогнозов при практически одних и тех же начальных значениях рассматриваемых параметров.

Выходом может служить использование более простых адаптивных моделей морских экосистем, в которых реакции преобразования биогенных элементов, органического вещества и биоты представлены коэффициентами влияний, определяемыми по данным натурных наблюдений. При этом сложная система параметров, описывающая причинно-следственные зависимости между химико-биологическими процессами, может быть заменена более простой системой коэффициентов влияний адаптивной модели экосистемы.

Основной проблемой практического применения адаптивных моделей морских экосистем является определение коэффициентов влияний между отдельными параметрами по данным наблюдений. В данном исследовании применен способ оценки коэффициентов влияний, основанный на гипотезе о сохранении величин коэффициентов влияний при стремлении экосистемы к стационарному состоянию.

Биогеохимические циклы прибрежных экосистем в первую очередь испытывают возрастающую антропогенную нагрузку, особенно от значительного количества органического вещества и биогенных элементов, поступающих с материка вместе с речным и ливневым стоками.

Севастопольская бухта, выбранная объектом исследования, является ярким примером прибрежной полузамкнутой акватории эстуарного типа, подверженной постоянно усиливающемуся антропогенному воздействию на протяжении двух последних веков (военный и торговый порт, судостроение, судоремонт, судоходство и рекреационные цели).

Предметом исследований выступает двухстадийный процесс окисления микроорганизмами ионов аммония NH_4^+ до нитрит-ионов NO_2^- и далее до нитрат-ионов NO_3^- , играющий важную

роль в круговороте азота природных водоемов и именуемый «нитрификация».

В качестве входных данных использовались результаты систематических натурных измерений концентрации неорганических растворенных форм азота в Севастопольской бухте, проводившихся с мая 1998 по сентябрь 2016 гг. сотрудниками Морского гидрофизического института.

В ходе первичной обработки данных были исключены экстремальные значения и проведена аппроксимация внутригодового хода рассматриваемых параметров: содержания нитратов, нитритов и ионов аммония, а также температуры вод.

Проведённый ряд численных экспериментов показал состоятельность выбранной модели (СКО = ± 0.35 или 20.8 %) в сравнении с аппроксимацией натурных данных рассчитываемого параметра (СКО = ± 0.29 или 17.3 %). Среднегодовые значения концентрации неорганических форм азота в поверхностном слое вод западной и центральной частей бухты принимались равными 34.16 (нитраты), 1.68 (нитриты) и 5.46 мгN/м³ (аммоний). Максимальные неэкстремальные концентрации, соответственно – 102.2, 4.75 и 16.3 мгN/м³.

К ПРОЕКТУ КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ ИССЛЕДОВАНИЙ АНОМАЛЬНОГО ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ НА ДНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

Пасынков А.А., Овакимян В.В.

*ФГАОУ ВО КФУ, г. Симферополь, Россия
ovakimyan.vlada@yandex.ru*

Ключевые слова: аномальное газовыделение, Черное море, методика исследований, каталог газовых факелов.

К настоящему времени накоплен значительный фактический материал о масштабах дегазации Черного моря, приуроченной к взаимосвязанным проявлениям аномального газовыделения, грязевого вулканизма и газогидратов (рис.1).

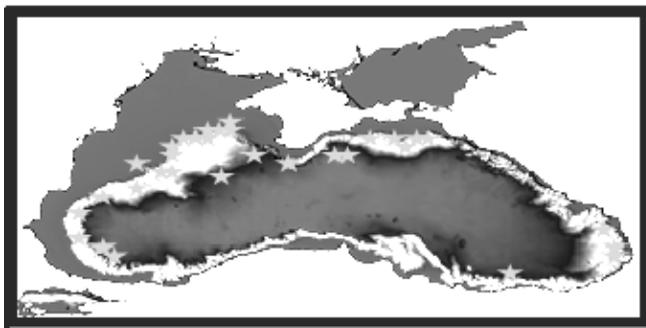


Рис. 1 – Проявления масштабной дегазации на дне Черного моря

В пределах континентального склона и глубоководного ложа Черноморской впадины существуют необходимые условия для аккумуляции природных углеводородов в твердом (газогидраты) и свободном (газообразном) состоянии: достаточно низкие температуры вод, необходимые давления, чередование в разрезе пористых и глинистых отложений, региональная газоносность акватории. В акватории Черного моря вырисовывается своеобразная закономерная зональность: центральная глубоководная часть моря содержит газогидраты, факелы газа и грязевые вулканы локализованы по периферии моря.

Несмотря на длительную и многоплановую историю исследований Черноморского региона, разработка комплексной методики и технологии геохимических поисков углеводородов на акватории Черного моря, а также составление сводного каталога газовых факелов Черноморского бассейна ранее не выполнялись.

Основная цель работ – выполнение поисково-оценочных комплексных геолого-геохимических исследований проявлений аномального газовыделения в пределах шельфа Черного моря; составление каталога газовых факелов.

Для выполнения заданной цели работ будут решены следующие задачи:

- геологические исследования: структурно-геоморфологические, стратиграфические, литолого-минералогические;
- пробоотбор донных отложений и морских вод;
- поиски и оценка проявлений аномального газовыделения;

- исследование газогеохимического и гидрогеохимического состояния морских вод и донных отложений;
- изучение рельефа морского дна и геоморфологических особенностей, связанных с проявлениями углеводородов;
- исследование ландшафтно-геохимических условий, включая литогенную, водородную и нефтегазовую составляющие;
- пополнение существующей базы данных.

Приборное обеспечение исследований включает в себя комплекс гидрофизического, гидро- и газогеохимического, геолого-литологического и минералогического оборудования, а также материалы космических съемок.

Для проведения соответствующих работ должны быть сформированы специализированные отряды геологии, литологии и геохимии, гидрохимии и газогеохимии, гидрофизики и гидрологии, рельефа дна, геофизических исследований и водолазных исследований, с установленным составом и функциями.

По окончании рейсов НИС начальники отрядов представляют отчеты с предыдущими результатами проведенных работ, краткое изложение основных полученных результатов и предложений относительно последующего совершенствования методики и технологии исследований. Заключительный отчет будет выполнен после завершения лабораторных исследований и полной камеральной обработки полученной информации.

По результатам работ будут представлены результаты исследований проявлений углеводородных эманаций, апробирована и скорректирована методика и технология комплексных исследований. Будет выполнен донный и газово-водный пробоотбор по станциям комплексных наблюдений одновременно с проведением всех видов геологических, гидрофизических, гидрологических, гидрохимических и газогеохимических исследований. Конечным результатом исследований станет составление каталога газовых факелов Черного моря, содержащего информацию о точной локализации и мощности газовыделений для каждого исследованного факела.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИИ СУЛЬФИДОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЧЕРНОГО МОРЯ

Орехова Н.А.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
natalia.orekhova@mhi.ras.ru*

Ключевые слова: Au-Hg микроэлектрод, поровые воды, Черное море

Черное море является наиболее изученным глубоководным бассейном с анаэробными условиями. Стратифицированность моря и наличие сероводородной зоны ниже 100 – 150 метров обуславливают уникальность бассейна Черного моря и его экосистемы. Это море считается *in-situ* лабораторией для изучения биогеохимических процессов, общих вопросов формирования структуры в аэробных, субкислородных и анаэробных условиях, возникновения и эволюции анаэробных условий в Мировом океане. Наибольший интерес представляют донные отложения и их поровые воды, а также содержание в них сульфидов.

Донные отложения отбирались в различных районах Черного моря в период с 2003 по 2016 гг.

Анализ полученных данных показал, что донные отложения Черного моря отличаются пространственным разнообразием. Максимальные концентрации сульфидов наблюдаются в глубоководной части моря. На континентальном склоне отмечено увеличение концентрации сульфидов от западной к восточным частям моря. В донных отложениях западной части континентального склона концентрация сульфидов составляла ~50% от их максимального содержания в придонном слое вод. Максимальные концентрации сульфидов в северо-восточной части Черного моря, вероятно, обусловлены влиянием вод Азовского моря, являющихся источником свежего органического вещества, что способствует активному потреблению кислорода в шельфовой части и интенсификации процессов сульфатредукции на континентальном склоне. В целом, в анаэробных отложениях материкового склона содержание сероводорода опреде-

ляется потоком органического вещества: чем дальше от береговых источников терригенного материала, тем меньше содержание сероводорода в донных отложениях. Для донных отложений северо-западной части существенными являются процессы сульфатредукции. В северо-восточной части помимо процессов сульфатредукции, протекают процессы с участием железа, приводящие в конечном итоге к образованию сульфидов железа (моносulfида железа и пирита).

В южной части наблюдаются минимальные концентрации сульфидов в донных отложениях, что обусловлено влиянием мутьевых потоков, обогащенных оксидами марганца и железа, которые связывают сероводород, способствуя снижению концентрации сульфидов в поровых водах донных отложений. Субкислородные условия придонного слоя вод, а также различный поток органического вещества, создают предпосылки для протекания процессов с участием растворенных Mn (II), Fe (II, III) в субкислородной части и сульфидов в анаэробной части континентального склона этого района.

Полученные данные о пространственном распределении и вертикальных профилях сульфидов в поровых водах донных отложений указывают на то, что на поверхности донных отложений формируются значительные градиенты и потоки сульфидов, которые определяют малое время обновления и высокую скорость возможных изменений в распределении сероводорода в придонных водах анаэробной зоны Черного моря.

Работа выполнена в рамках программы государственного задания по теме 0827-2014-0010 «Комплексные междисциплинарные исследования океанологических процессов, определяющих функционирование и эволюцию экосистем Черного и Азовского морей, на основе современных методов контроля состояния морской среды и гридтехнологий» (шифр «Фундаментальная океанология»).

МИНЕРАЛЬНЫЕ И ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ЧЕРНОГО МОРЯ (ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ)

Пасынков А.А.

*ФГАОУ ВО КФУ, г. Симферополь, Россия
anatoly.pasynkov@yandex.ua*

Ключевые слова: ресурсы шельфа, континентальный склон, газовые факелы, газогидраты, акватория, россыпные месторождения.

Исследование и использование ресурсов Черноморского шельфа рассматривается как необходимое условие развития научно-технического и производственного потенциала. Итогом многолетних исследований дна Черного моря явилась оценка его прогнозных ресурсов минерального сырья (табл. 1).

Первоочередное внимание уделяется нефтегазоносности шельфа. Углеводородный потенциал нефтегазоносных и перспективных отложений всего Прикрымского сектора Черного моря оценивается в 1126 млн. т условного топлива (извлекаемого).

Потенциально нефтегазоносна вся акватория Черного моря, где широко развиты грязевые вулканы и газовые факелы, вероятно обнаружение месторождений залежей газогидратов. Суммарные запасы газа в газогидратах глубоководной части Черного моря оцениваются в 25 трлн. м³.

Установлено, что проявления миграционных (глубинных) газов связаны, прежде всего, с неотектоническими и современными тектоническими зонами разрыва плотности донных осадков, и проявлениями криптодиапиризма, а газы биогеохимического происхождения формируются в мощных толщах палеодельтовых и палеорусловых накоплений.

Для шельфа и континентального склона Черного моря характерна интенсивная газоотдача из осадочных толщ и верхних частей разреза морского дна. Выявленные до настоящего времени газопроявления – только небольшая часть огромного углеводородного потенциала ресурсов Черноморской впадины.

Таблица 1

Прогнозные ресурсы минерального сырья шельфа Черного моря

Наименование сырья	Подотрасль	Прогнозные запасы	Подготовленность к промышленному освоению	Примечание (сфера использования)
Угледородороды	Топливо-энергетический	Суммарный добычный ресурс 1450,8 млн. т усл. топлива	Несколько месторождений разрабатывается	Традиционный энергоноситель.
Газоигидраты	Топливо-энергетический	25 трлн. м ³	Первоочередного исследования заслуживает впадина Сорочкина	Нетрадиционный энергоноситель
Газовые факелы	Топливо-энергетический	Не оценены	Подготовлено к исследованию ряд участков	Нетрадиционный энергоноситель
Пески	Стройиндустрия	До 1 00 млрд. т	Оценочная стадия разведки месторождений на глубинах до 100 м	Бетонные наполнители, балласт для ж. д. полотна, сырье для стекольной промышленности
Источники пресной воды на дне	Питьевое водоснабжение (юг Украины и Крым)	Общий сток 1 78 млн. м ³ /год	Подготовлено к исследованиям ряд источников на глубинах до 40 м	В первую очередь улучшение водоснабжения г. Севастополя
Ракушечник	Животноводство	Неограниченные	Распространены по всей площади бассейна	Животноводство, птицеводство
Железомарганцевые конкреции	Медицина	5,6 млн. т	Подготовлен к исследованию 1 участок (Каламитское поле конкреций)	Сорбенты в медицине и промышленности, в том числе поглощающие радионуклиды
Сапропелевые илы (сапропель)	Сельское хозяйство, медицина, фармакология, строительная индустрия	$3,2 \times 10^{11}$ м ³	Повсеместно распространены в ложе Черноморской впадины на глубинах от 500 до 2000 м, подготовлен к исследованию один район	Увеличивают до 30% биомассу пшеницы, раскисляют почву, стимулируют рост растений огородных и злаковых культур, используются для бальнеологических и фармакологических целей (биостимуляторы)
Бальнеологические грязи	Медицина	70 млн. м ³	Лиманы Черного и Азовского морей	Бальнеология

Максимальная плотность газопроявлений, связанных с глубинной дегазацией недр, сконцентрирована в пограничных зонах шельфа и континентального склона и в средней части континентального склона, а именно, в Палеокаланчакском морфоструктурном районе Западно-Черноморской области, а также в Прикерченском морфоструктурном районе Керченско-Таманской области. Эти районы внутреннего шельфа Черного моря являются наиболее перспективными в отношении проведения поисковых геохимических исследований на миграционные газы. Здесь установлено широкое развитие полей газонасыщенных илов и газогидратов. Донные отложения содержат метан в количествах, превышающих фоновые значения на 3 – 4 порядка.

Заслуживают внимания и участки разветвленной палеоречной сети северо-западного шельфа Черного моря, с которыми могут быть связаны скопления биохимических газов метанового ряда.

К перспективным районам поисков газогидратов относятся континентальный склон, палеодельтовые накопления конусов выноса, зоны развития диапировых структур, в первую очередь те, которые осложнены грязевыми вулканами. Зона развития газогидратов ограничивается зоной гидратообразования, то есть глубинами более 700 – 800 м. В пределах зоны заслуживает внимания вся полоса Циркумчерноморского разлома, по которому и развивается континентальный склон, все участки глубинных и региональных разломов, которые расположены в глубоководной части моря, и, возможно, зоны глубоководной субмаринной разгрузки.

Строительные пески – следующее по значимости полезное ископаемое в Черноморском бассейне. Если учесть, что месторождения стройматериалов на суше близки к истощению, а в Республике Крым запасы месторождений строительных песков практически исчерпаны, то становится ясной роль морских месторождений этого вида сырья в ближайшем будущем. Месторождения строительных песков приурочены к локальным положительным морфоструктурам аккумулятивных палеоречных или морских песчаных накоплений.

СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЗАЛИВА СИВАШ

Совга Е.Е., Еремина Е.С., Хмара Т.В.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
shchurova88@gmail.com*

Ключевые слова: залив Сиваш, Азовское море, водный баланс, экология

Сиваш – «редчайший резервуар, в котором растворена вся периодическая система Менделеева», так определил залив Сиваш академик Ферсман.

Сиваш представляет собой обширный мелководный залив Азовского моря, с изрезанной береговой линией, множеством полуостровов, мысов, заливов. С Азовским морем Сиваш соединен мелководным и узким Тонким, или Геническим, проливом, расположенным у северной оконечности Арабатской стрелки.

Залив Сиваш является наиболее антропогенно и техногенно нагруженной акваторией прибрежной зоны Крыма со специфическими гидродинамическими и гидрохимическими процессами, обусловленными орографией берегов, особенностями рельефа дна и малыми глубинами, водообменом с Азовским морем.

Цель настоящего исследования – оценить влияние перекрытия Северо-Крымского канала (СКК) в 2014 г. на изменения солености рапы в различных частях Восточного Сиваша и показать перспективы изменения режима природопользования в новых условиях. С использованием методов математического моделирования получить прогнозные оценки изменения ресурсно-потенциала залива и его гидродинамического режима.

В работе изучена динамика приходных и расходных статей водного баланса залива Сиваш в условиях изменения природно-климатических (атмосферные осадки, водообмен с Азовским морем, реки, испарение) и антропогенных факторов (перекрытие СКК в 2014 г., изменение системы природопользования). Анализируются различные временные периоды формирования солевого режима залива Сиваш:

- до введения в строй СКК (период условно-естественного режима залива Сиваш 1939 – 1974 гг.) по историческим данным;
- период активной эксплуатации канала при различных режимах работы существующих оросительных систем по опубликованным работам, включая работы МГИ;
- после перекрытия СКК период 2014 – 2016 гг. на основе экспедиционных данных МГИ за указанный период.

С использованием математической модели получены значения колебаний уровня вод в заливе, изменения режима течений в зависимости от силы и направления ветра. Интегральная по глубине циркуляция вод в заливе характеризуется наличием вихревых образований (ячеек), расположенных вдоль оси залива. Такой характер циркуляции вод обусловлен особенностями геоморфологического строения водоема – береговая линия очень извилиста, распределение глубин вдоль залива неравномерно. В поле течений отмечается множество локальных вихревых структур, среди которых выделяется интенсивный вихрь в южной части залива. При продольных ветрах в поверхностном слое отмечается интенсификация течений в прибрежной зоне и ослабление – вдоль продольной оси водоема. Средние по глубине течения направлены по ветру вдоль берегов на прибрежном мелководье и против ветра – вдоль оси ложа залива.

Существующие условия способствуют большому испарению с водного зеркала Сиваша и создают снижение уровня в нем по отношению к поверхности Азовского моря.

Полученные в результате моделирования значения скоростей течений в заливе при современных его морфометрических характеристиках соответствуют теоретическим представлениям о структуре ветровых течений в заливах и бухтах. Модель адекватно описывает вариации уровня воды в зависимости от ветрового воздействия и изменений уровня в Азовском море.

Делается вывод о возможных изменениях концепции природопользования в акватории залива Сиваш в новых условиях.

Работа выполнена в рамках Госзадания по теме № 0827-2014-0010 «Фундаментальная океанология» и частично при поддержке РФФИ, грант № 16-45- 910582p_a

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА-А В БЕЛОМ МОРЕ

Колтовская Е.В.^{1,2}, Кравчишина М.Д.²

¹МГУ, г. Москва, Россия

²ИО РАН, г. Москва, Россия

katyayaya@gmail.com

Ключевые слова: хлорофилл-а, Белое море, биогенная взвесь.

В данной работе ставилась цель – изучить хлорофилл-а как маркер биопродуктивности морских вод, а также определить влияние гидрологических условий на его содержание в водной толще.

Для выявления характерных черт изменчивости концентраций фитопигмента в течение летнего периода использовались натурные измерения, полученные в экспедициях с 2008 по 2014 гг., которые затем обрабатывались в лаборатории ИО РАН флуориметрическим методом.

Было рассмотрено распределение хлорофилла-а по акватории Белого моря в поверхностном слое, а также изменение его содержание в водной толще в зависимости от структуры вод.

Распределение хлорофилла-а по акватории весьма неоднородно, т.к. оно связано со стратификацией вод Белого моря, рельефом дна, водообменом с Баренцевым морем, объемом речного стока и приливными течениями. В центральной части моря (бассейн) концентрации хлорофилла-а приблизительно равны средней концентрации по морю (2,2 мкг/л). Наибольшие концентрации за весь период наблюдений регистрировались в Двинском, Онежском и Мезенском заливах и значительно превышали среднюю по морю величину, достигая в устьевых областях заливов 22,1 мкг/л.

Максимальный фотосинтез в Белом море происходит в поверхностном слое, толщина которого по натурным данным составляет приблизительно 15 м. В нем скапливается до 70% всей интегральной массы хлорофилла-а и фитопланктона в столбе водной массы. Этот слой ограничен термоклином, ниже которого концентрации фитопигмента резко снижаются.

В целом, во всей водной толще моря концентрация хлорофилла-а в июне-июле обычно варьирует от 0,05 мкг/л на дне и до 22,1 мкг/л в локальных максимумах эвфотического слоя в мелководных районах.

Исследования показали, что хлорофилл-а можно считать надежным маркером фитопланктона и показателем трофического статуса водоема.

Интерпретация полученных данных выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант №14-27-00114-П).

АВТОНОМНЫЕ ФЛУОРИМЕТРИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВОДНОЙ СРЕДЫ

Пляка П.С., Поважный В.В., Валов Г.В.

ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
pavstef@mail.ru

Ключевые слова: флуориметр, проточный датчик, погружной, передача данных, непрерывный мониторинг, водная среда.

Вопросы разработки средств непрерывного контроля параметров водной среды с использованием подвижных (морские суда) и стационарных (буйковые станции) платформ являются актуальными для отечественного приборостроения. Использование современных мощных светодиодов как источников излучения в оптических датчиках позволяет создавать универсальные компактные блоки для использования как в проточных судовых системах, так и в условиях стационарных платформ.

Разработаны несколько вариантов флуориметрических комплексов для контроля таких параметров водной среды как содержание хлорофилла-А (хл-А), растворенного органического вещества (РОВ), общей взвеси, температуры. Комплексы имеют блочно-модульную структуру и состоят из базового блока, обеспечивающего питание и управление, и подключаемых при помощи кабелей датчиков на основе мощных светодиодов, оснащенных дополнительными интерференционными фильтрами. Измерения проводятся в автоматическом режиме, базовый

блок периодически поочередно опрашивает датчики. Результаты записываются в энергонезависимую память, передаются на внешний GSM или спутниковый модем, а также через USB порт на подключаемый при необходимости компьютер. Питание комплекса осуществляется от встроенного в базовый блок аккумулятора, который подзаряжается от внешнего источника.

Изготовлено и испытано три варианта исполнения комплексов: проточный, погружной и портативный. Базовые блоки всех вариантов идентичны, отличаются лишь конструкции датчиков. Проточные датчики подключаются к системе труб при помощи фланцев с резьбой. Внутри проточных флуориметрических датчиков содержится оптически прозрачная трубка, через которую проходит излучение возбуждения и полезного сигнала. Погружные датчики выполнены в корпусе цилиндрической формы из нержавеющей стали, на одном торце расположено прозрачное окно, на другом труба для прокладки кабеля.

В ходе серии экспедиций в Азовском и Черном морях была выполнена калибровка показаний проточного флуориметрического датчика хл-А, встроенного в систему прокачки судового термосалинографа. Высокая чувствительность датчика, а также высокий верхний предел обнаружения позволяют использовать систему для непрерывного мониторинга хл-А в водах первого и второго типов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИООПТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ ПО ДАННЫМ КОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ОСЛАБЛЕНИЯ СВЕТА

Корчемкина Е.Н., Маньковская Е.В., Латушкин А.А.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
korchemkina@mhi-ras.ru*

Ключевые слова: показатель ослабления направленного света, прозрачномер, биооптическое состояние, взвешенное вещество, растворенное органическое вещество.

Оптические методы широко используются в системах мониторинга различных акваторий из-за присущей им оперативности получения информации о состоянии водной среды. Из различных оптических характеристик воды наибольшее применение получил показатель ослабления направленного света (ПОС), который измеряется с помощью измерителей прозрачности – прозрачномеров.

В отделе Оптики и биофизики моря Морского гидрофизического института РАН был разработан и изготовлен малогабаритный спектральный измеритель показателя ослабления направленного света (СИПО), предназначенный для проведения исследований в экспедиционных условиях. С 2013 года прибор активно используется во многих натурных исследованиях Азово-Черноморского бассейна. СИПО обеспечивает измерение вертикальных профилей ПОС до глубин порядка 50 метров в четырех спектральных участках: 460, 520, 590, 625 нм.

ПОС показывает суммарное ослабление светового луча в результате его поглощения и рассеяния. Значения ПОС зависят от наличия в воде различных веществ, влияющих на поглощение и рассеяние света: растворенного, взвешенного и коллоидного вещества (глина, ил, мелкодисперсные органические и неорганические вещества), а также планктона и других микроскопических организмов. Различными методами обработки результатов измерений ПОС информация о содержании веществ может быть извлечена, и получена оценка биооптического состояния данной акватории.

Один из таких методов предлагается в данной работе. Он позволяет определить содержание в воде растворенного органического (РОВ) и взвешенного вещества по данным измерений ПОС на двух длинах волн (например, 460 и 625 нм для СИПО).

Первоначально восстанавливается спектральное распределение ПОС с достаточной дискретностью в диапазоне длин волн $416 \div 700$ нм, используя систему ортогональных векторов для базы данных измерений ПОС в водах Черного моря. Далее в расчете используется метод разделения спектрального диапазона на области, соответствующие доминирующему воздействию определенного вещества. В первом приближении определяется рассеяние взвесью в диапазоне длин волн $506 \div 700$ нм без учета РОВ. Затем в диапазоне длин волн $416 \div 490$ нм рассчитывается поглощение РОВ на основе известного рассеяния взвесью. Расчет проводится методом оптимизации в несколько итераций.

Найденные значения поглощения РОВ и рассеяния взвесью непосредственно связаны с концентрациями неживой органики и минеральной взвеси соответственно. Коэффициенты таких взаимосвязей можно определить, имея натурные данные измерений концентраций этих веществ.

С помощью предложенного метода были обработаны натурные данные ПОС, полученные в двух экспедициях по Черному морю НИС «Профессор Водяницкий» в 2016 г.: 87-й рейс – с 30.06 по 18.07; 89-й рейс – с 30.09 по 19.10. Получены карты пространственных распределений РОВ и взвеси. Проведено сопоставление с аналогичными величинами, полученными в результате обработки спутниковых данных сканера MODIS-Aqua. В целом, получено достаточно хорошее согласование данных рассчитанных разными методами, особенно для рассеяния взвешенным веществом.

Работа выполнена в рамках государственного задания по темам № 0827-2014-0010 и № 0827-2014-0011.

ОБЩЕЕ ВЗВЕШЕННОЕ ВЕЩЕСТВО В РАЙОНЕ МОРСКОГО ГИДРОФИЗИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА

Лемешко Е.М.^{1,2}, Латушкин А.А.^{1,2}, Кудинов О.Б.²

¹ЧГП РАН, пгт. Кацивели, г. Ялта, Россия

²ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия

sevsalat@gmail.com

Ключевые слова: общее взвешенное вещество, показатель ослабления направленного света, температура, океанографическая платформа, Голубой залив, Черноморский гидрофизический полигон.

Важной компонентой при оценке состояния водной среды является общее взвешенное в водной толще вещество (ОВВ). Для определения концентраций общего взвешенного вещества ($C_{\text{ОВВ}}$) большое распространение получили гидрооптические методы, обеспечивающие оперативной детальной информацией о пространственной структуре поля ОВВ в исследуемых акваториях. Авторами, в качестве оптического параметра, коррелирующего с $C_{\text{ОВВ}}$ был выбран показатель ослабления направленного света (ПОС) на длине волны 625 нм.

Концентрация ОВВ определялась у океанографической платформы, расположенной в Голубом заливе на расстоянии 600 м от берега в периоды времени с 25.05 по 04.06.2016 г., с 20.09 по 25.09.2016 г. и с 26.05 по 31.05.2017 г.

В районе океанографической платформы структура поля ОВВ имеет значительную изменчивость, связанную как с естественными процессами, протекающими в море, так и с наличием в Голубом заливе локальных источников поступления веществ антропогенного происхождения. В зависимости от сезона, гидрологического режима и динамики вод эти процессы в различной степени оказывают воздействие на структуру. К естественным процессам, характерным для исследуемого района, можно отнести сезонное цветение фитопланктона, а также изменение $C_{\text{ОВВ}}$ за счет подъема глубинных вод в результате апвеллинга. Из наиболее значимых антропогенно-техногенных источников на

исследуемой акватории можно выделить район мидийно-устричной плантации, район стока поселка Качивели, прибрежную зону в районе аквапарка «Голубой Залив».

Район расположения платформы находится, главным образом, в зоне влияния Основного Черноморского течения (ОЧТ), что сказывается на способности структуры вод к быстрым изменениям. Значительный интерес при проведении океанологических работ в акватории Голубого залива представляет изучение временной изменчивости быстропотекающих процессов, которые характерны и для большей части южного берега Крыма. Целью настоящей работы является выявление временных особенностей формирования поля ОВВ, в зависимости от различных гидролого-гидродинамических условий.

В весенне-летний период 2016 г. преобладало слабое восточное течение, в это время диапазон изменчивости $C_{\text{ОВВ}}$ колебался в пределах 0,5 – 2,1 мг/л. В вертикальном распределении $C_{\text{ОВВ}}$ отмечались различные виды профилей, но, в целом, они характеризовались наличием верхнего оптически однородного слоя, нижняя граница которого совпадала с нижней границей верхнего квазиоднородного слоя (ВКС), под которым, в термоклине, располагался основной максимум с повышенными концентрациями ОВВ. Под термоклинном $C_{\text{ОВВ}}$ уменьшалась.

В осенний период была отмечена высокая прозрачность вод, с низким содержанием $C_{\text{ОВВ}}$. Период характеризовался перестройкой вертикальной стратификации ОВВ вследствие перестройки стратификации температуры морской воды, как правило, под действием сильных западных ветров, вызывающих апвеллинг. Однако, после выпадения интенсивных или продолжительных осадков и их стока периодически происходило резкое увеличение $C_{\text{ОВВ}}$. Диапазон изменчивости $C_{\text{ОВВ}}$ колебался в пределах 0,2 – 2 мг/л.

Аномальным был период конца весны 2017 г., в течение которого наблюдались стабильно высокие $C_{\text{ОВВ}}$ (1 – 3 мг/л) в ВКС, что связано с периодом интенсивного цветения микроводорослей – кокколитофорид в этом году.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРТАТИВНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОМЕТРОВ В ИССЛЕДОВАНИЯХ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИ МОРСКОЙ АТМОСФЕРЫ (ЭКСПЕДИЦИИ 2017 г.)

Сакерин С.М.¹, Кабанов Д.М.¹, Калининская Д.В.²

¹ИОА СО РАН, г. Томск, Россия

²ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия

kalinskaya_d_v@mail.ru

Ключевые слова: SPM, NYSPLIT, атмосферный аэрозоль, аэрозольная оптическая толщина

Как известно, пространственно-временная изменчивость аэрозольной оптической толщи (АОТ) морской атмосферы в значительной степени формируется под влиянием выносов аэрозолей различного типа (пылевого, антропогенного, дымового) с континентов, то есть зависит от географического распределения континентальных источников аэрозоля и преобладающих циркуляций в том или ином регионе.

Для измерений спектральных АОТ и влагосодержания атмосферы в морских экспедициях, в последнее время стали широко использоваться портативные солнечные фотометры. В докладе приводятся характеристики солнечного фотометра SPM и обсуждаются результаты измерений АОТ в диапазоне спектра 0,34 – 2,14 мкм в нескольких экспедициях 2017 г.

Наиболее многочисленные данные об особенностях пространственного распределения АОТ над океаном были получены в 42-м рейсе НИС «Академик Борис Петров» (18.01 – 28.03.2017) на маршруте от Сингапура до Калининграда (через Суэцкий канал). Проводится сравнение статистических характеристик спектральных АОТ, измеренных в восьми районах экспедиции с условными названиями: 1) «Малаккский пролив»; 2) «Суматра»; 3) «Мальдивы»; 4) «Аравийское море»; 5) «Красное море», включая Аденский залив и Суэцкий канал; 6) «Средиземное море»; 7) «Атлантика» – от Гибралтара до Ламанша; 8) «Северное и Балтийское море».

Показано, что самые высокие замутнения атмосферы и селективность спектрального хода АОТ наблюдались над Аравийским морем, в основном, за счет большого содержания мелкодисперсного аэрозоля, выносимого зимним муссоном со стороны Индостана. Большие замутнения характерны также для «Красного моря», где отмечены максимальные значения АОТ в ИК диапазоне спектра – за счет выносов грубодисперсного пылевого аэрозоля. Самая чистая атмосфера в период рейса наблюдалась в Северном и Балтийском море, а в «Атлантике» – низкие значения мелкодисперсной компоненты АОТ и минимальный показатель селективности Ангстрема.

Посредством фотометра SPM в 2017 году были проведены 2 рейса на НИС «Профессор Водяницкий» и 1 экспедиция на океанографической платформе «Черноморский гидрофизический полигон» (пгт. Кацевели). Результаты измерений в один и тот же период за 2016 и 2017 годы в экспедициях на океанографической платформе показали отличие значений $\tau_{0,5}^a$ более, чем в 3 раза. Среднее за 2016 год значение за экспедиционный период с 24 по 31 мая $\tau_{0,5}^a = 0,28$, а за такой же экспедиционный период 2017 года $\tau_{0,5}^a = 0,078$. Это может быть обусловлено практически каждодневными осадками в период экспедиции, которые, как известно, вымывают как крупные, так и мелкие аэрозольные частицы уменьшая значение величин τ_{λ}^a .

Единственная закономерность, которая сохранилась как для данных 2016, так и 2017 года, это повышение значений τ_{λ}^a 31 мая 2016 года. В 2016 году в этот день был зафиксирован перенос пылевого аэрозоля, который был подтвержден данными обратных траекторий модели HYSPLIT. Были проанализированы обратные траектории перемещения воздушных масс, полученные при помощи модели HYSPLIT за 31.05.16 и 31.05.17, в результате которого сделан вывод, что за 31.05.2017 подтверждения переноса крупных частиц пылевого аэрозоля не было получено.

Исследования выполнялись при финансовой поддержке Комплексной программы фундаментальных исследований СО РАН (проект № IX.133-3), при поддержке темы госзадания № 0827-2014-0011.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПЫЛЕВОГО АЭРОЗОЛЯ ПОСРЕДСТВОМ РАДИОМЕТРА CALIPSO НАД ЧЕРНЫМ МОРЕМ

Калинская Д.В., Папкина А.С.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
kalinskaya_d_v@mail.ru*

Ключевые слова: CALIPSO, атмосферный аэрозоль, AERONET.

CALIPSO (Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observation) – американо-французский исследовательский спутник, запущенный в рамках программы NASA EOS (Earth Observing System – Система наблюдения Земли) и предназначенный для изучения облачного покрова Земли.

Основной целью CALIPSO является проведение глобальных измерений аэрозолей и облаков. Такие измерения необходимы для лучшего понимания степени их влияния на климатическую систему, а также для улучшения возможности предсказания долгосрочных и сезонных межгодовых изменений климата. CALIPSO работает в паре с американской системой CLOUDSAT (расшифровывается как Cloud Satellite), представляющий собой направленный в надир радар (94 ГГц), который измеряет обратно рассеянную от облаков энергию в виде функции расстояния.

Основным измерительным инструментом CALIPSO является трехканальный изображающий радиометр (8.65 мкм, 10.6 мкм и 12.05 мкм). Поскольку система является лидаром, с ее помощью можно восстанавливать вертикальную структуру атмосферы. Принцип действия лидара не имеет больших отличий от радара: направленный луч источника излучения отражается от целей, возвращается к источнику и улавливается высокочувствительным приёмником (в случае лидара - светочувствительным полупроводниковым прибором); время отклика прямо пропорционально расстоянию до цели. Кроме импульсного метода измерения дистанции применяется фазовый, основанный на определении разности фаз, посылаемых и принимаемых модулированных сигналов.

В отличие от солнечного света, «зеленый луч» (523 нм) CALIPSO является полностью поляризованным в одном направлении. Атмосферное рассеяние изменяет падающую поляризацию, и измерение степени деполяризации предоставляет огромное количество информации о природе частиц, в особенности их геометрии.

При анализе измерения лидаром с «упругим» обратным рассеянием требуется знание лидарного соотношения, характерного для аэрозольного типа [Klett, 1981; Fernald, 1984; Ansmann and Müller, 2005; Мюллер Et al., 2007]. Типы аэрозолей зависят от местоположения измерения, от величины интегрированного коэффициента обратного рассеяния и коэффициента деполяризации частиц [Omar et al., 2009]. Типы аэрозолей, используемые в CALIPSO, были идентифицированы из кластерного анализа AERONET: чистый морской аэрозоль, дым (горящая биомасса), пыль, загрязненная пыль (смеси пыли и дыма), загрязненный континентальный и чистый континентальный аэрозоль [Omar et al., 2005, 2009]. Каждый тип аэрозоля характеризуется набором лидарных отношений при 532 и 1064 нм, которые были рассчитаны из типичных распределений размеров частиц и комплексных показателей преломления, взятых из наблюдений AERONET.

Для минеральной пыли из Западной Сахары предыдущие исследования показывают, что отношение лидарной пыли в 40 ср можно рассматривать как эффективное лидарное соотношение, которое включает эффект многократного рассеяния на больших пылевых частицах [Wandinger et al., 2010]. Отметим, что сложная минералогия минеральной пыли варьируется в разных регионах источника и может приводить к региональному изменению отношения лидарной пыли со значениями до 40 ср при 532 нм [Schuster et al., 2012].

В данной работе представлен анализ характеристик пылевого атмосферного аэрозоля над Черным морем, полученных посредством измерений CALIPSO.

МИКРО И МЕЗОМАСШТАБНАЯ СТРУКТУРА БОРЫ

Ефимов В.В.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
vefim38@mail.ru*

Ключевые слова: Новоросская, Новоземельская, Ялтинская бора, гидродинамические режимы, порывистость, реанализ, циклоническая циркуляция.

Рассмотрены данные климатического реанализа с повышенным пространственным разрешением для Черноморско-Каспийского региона с целью выделения особенностей структуры полей скорости и температуры в диапазоне микро- и мезомасштабов (1 – 100 км). Для воспроизведения развития боры и изучения гидрометеорологических условий, определяющих бору, выполнено численное моделирование Новоземельской, Новороссийской и Ялтинской боры с использованием модели региональной атмосферной циркуляции WRF-ARW. Воспроизведены поля скорости и температуры, а также выделены особенности, характерные для любой боры – повышение температуры и скорости в области подветренного склона гор. Дана оценка температурных контрастов при обтекании потоком воздуха горного хребта. Этот эффект подтвержден результатами обработки данных ASR для Новоземельской боры и данными климатического реанализа для Черноморско-Каспийского региона. Формирование области больших скоростей и потоков явного и скрытого тепла, свидетельствует о климатической роли архипелага Новой Земли.

Численное моделирование эпизодов развития Новороссийской и Ялтинской боры показывает характерные особенности режимов обтекания воздушным потоком хребтов Крымских и Кавказских гор. Выделены два режима, определяющие характер обтекания потоком воздуха горного хребта и временную изменчивость (порывистость) скорости приповерхностного ветра. Значительная пространственно-временная изменчивость является характерным признаком Черноморской боры.

Выделена крупномасштабная особенность Новороссийской боры – образование замкнутой циклонической циркуляции в юго-восточной части Черного моря. Рассмотрены физические механизмы ее формирования.

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ НАД ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫМИ МОРЯМИ

Мезенцева Л.И., Друзь Н.И.

*ДВНИГМИ, г. Владивосток, Россия
lmezenceva@ferhri.ru*

Ключевые слова: муссон, депрессия, циркуляция атмосферы, антициклон, индекс циркуляции, климатическая тенденция.

Чередование полей давления определенного знака с устойчивым их преобладанием от сезона к сезону создает на Дальнем Востоке и над дальневосточными морями особый тип циркуляции – муссонный. Синоптические процессы при этом характеризуются ярко выраженной сезонностью, но находятся в определенном согласии с общепланетарными факторами.

В работе исследуются параметры муссонной циркуляции над прибрежными районами Дальнего Востока во второй половине 20-го и в начале 21-го веков. Для объективной оценки параметров атмосферной циркуляции рассчитаны индексы: усредненные нормированные значения атмосферного давления и геопотенциальной высоты по выделенным районам Дальнего Востока и нормированные разности атмосферного давления между смежными районами суши и моря.

Прослеживая многолетний ход муссонных индексов (стандартизованной разности атмосферного давления), можно выявить, что в период исследования интенсивность муссонной циркуляции в прибрежной зоне Дальнего Востока ослабевала; ослабевала как летняя, так и зимняя фазы муссона.

Основной причиной ослабления летней фазы муссона является деградация циклонической активности над Азией. Азиатская и амурская депрессии в последние десятилетия были менее

активны по отношению к 50 – 60-м годам прошлого столетия. Начало периода ослабления приходится на 1968 г., носит характер скачка от стадии обострения муссона к состоянию, близкому к среднему многолетнему с незначительными отклонениями в отдельные годы от нормы (лишь изредка индексы отклоняются от нормы более чем на одно стандартное отклонение). В последние годы 20-го века и начале 21-го ослаблению летнего муссона способствовал слабый антициклогенез над Охотским морем и прилегающими акваториями Тихого океана.

В холодное полугодие благодаря характерному расположению барических пар – континентальная часть занята обширным антициклоном, а океаническая – циклоном или серией циклонов, все прибрежные территории находятся в зоне больших барических и термических градиентов, обратной направленности по отношению к теплomu полугодию. Создается циркуляция, благоприятная для стока холодного сухого воздуха с континента, над дальневосточными морями преобладают ветры северных, северо-западных и западных направлений (с континента), количество осадков и влажность в непосредственной близости к материке незначительны. Таково проявление зимней стадии муссона.

Состояние сибирского максимума, одного из основных региональных центров действия атмосферы в холодное полугодие, в 90-х годах прошлого века и начале нового тысячелетия оценивается как близкое к норме или слабее обычного. Атмосферное давление над бассейном Лены (область ленско-колымского отрога) также ниже средних многолетних значений. Эти процессы способствовали ослаблению зимней барической напряженности на Дальнем Востоке. Алеутская депрессия, несмотря на активное развитие, зачастую занимала невыгодное для развития муссона восточное положение относительно среднего многолетнего.

Обобщая полученные в работе материалы, можно заключить, что во второй половине 20-го века и начале 21-го в регионе, в том числе над Японским и Охотским морями, отмечался процесс ослабления муссонной циркуляции. Это относится к обеим стадиям летнего дальневосточного муссона и зимней фазе муссона. Ослабление барической напряженности определялось де-

градацией региональных центров действия атмосферы и их местоположением.

БЛОКИРУЮЩИЙ АНТИЦИКЛОН НАД БАРЕЦЕВЫМ МОРЕМ КАК ФАКТОР ПОХОЛОДАНИЯ В ЕВРОПЕ

Соколихина Н.Н., Семенов Е.К., Соколихина Е.В.

*МГУ, г Москва, Россия
natalia.sokolikhina@gmail.com*

Ключевые слова: синоптика, блокирующие антициклоны, потепление в Арктике.

Изучение синоптических аспектов зимнего потепления в Арктике выполнено на примере зимы 2011/2012 гг., которая была самой теплой в Арктике за всю историю регулярных метеонаблюдений. Так, на Земле Франца-Иосифа в январе впервые была зафиксирована температура выше 0°C. По этой причине значительная часть акватории Баренцева и Карского морей оставалась свободной ото льда.

Несмотря на большое количество исследований изменений климата Арктики еще многие вопросы остаются открытыми. Особенно это касается процессов синоптического масштаба. В настоящей работе применение синоптического анализа для изучения крупномасштабных аномалий температуры в Арктике позволило систематизировать синоптические процессы в высоких широтах и обобщить сценарии развития зимних потеплений.

Было показано, что формирование высокоширотного теплого и высокого блокирующего антициклона заставило изменить направление ведущего потока над заполярьем с западного на южный, что привело к беспрецедентному выносу теплого воздуха с Атлантики в центральную Арктику вплоть до 82 – 84°с.ш. Южные ветры над Шпицбергенем и Землей Франца-Иосифа, достигавшие значений струйного течения, послужили причиной формирования небывалых аномалий температуры воздуха вблизи 80-го градуса северной широты (до +18, +20°C) и резкой ин-

тенсификации Шпицбергенского тёплого течения (на севере Баренцева моря вблизи Шпицбергена были зафиксированы значения аномалий температуры поверхности океана больше $+3^{\circ}\text{C}$). Площадь ледового покрытия Баренцева и Карских морей к марту 2012 г. была наименьшей за всю историю регулярных дистанционных наблюдений.

Одновременно с зимней Арктикой поразительные преобразования макромасштабной циркуляции происходили в умеренных широтах, которые способствовали выносу холодного воздуха из Сибири в теплые области южной Европы и установлению рекордно низких температур на Балканах и в странах Средиземноморья.

На юге европейской территории России на побережье Черного моря в это время наблюдалась сильнейшая бора. В Новороссийске 27 января при ураганном ветре 38 м/с происходило парение моря и быстрое обледенение судов. 7 – 8 февраля в Керченском проливе скорость ветра достигала 26 – 29 м/с, в Новороссийске – 33 – 44 м/с, в Геленджике – 32 – 39 м/с (<http://meteoinfo.ru/news>). Ураганные и близкие к ним скорости ветра привели к массовым отключениям электроэнергии, повреждению крыш и зданий, повалу деревьев и введению режима чрезвычайных ситуаций.

КЛИМАТИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ И ВЫСОКОЙ СКОРОСТИ ВЕТРА НА ЧЕРНОМ МОРЕ В XXI В.

**Суркова Г.В., Архипкин В.С., Конопляникова Г.В.,
Семенов Е.К., Соколихина Н.Н.**

*МГУ, г. Москва, Россия
galina_surkova@mail.ru*

Ключевые слова: ветровое волнение, прогноз, скорость ветра, атмосферное давление

Экстремальные явления (ЭЯ) на море во многом связаны с состоянием атмосферы. К таким событиям можно отнести высокие значения скорости ветра и сильное ветровое волнение. Ми-

нимизация рисков, связанных с ЭЯ, возможна при их прогнозе. Для выработки долгопериодной стратегии адаптации общества и природы к климатическим изменениям необходима оценка повторяемости и интенсивности ЭЯ. Такой прогноз может быть выполнен с использованием результатов моделирования климата. Сложности этой задачи связаны с особенностями моделей климата, в том числе с их пространственным разрешением, параметризацией процессов, учетом обратных связей в климатической системе. Вследствие этого климатические величины рассчитываются моделями с разной степенью точности, кроме того, модели недооценивают величину редких экстремальных метеорологических величин и их повторяемость. В связи с этим целесообразна разработка методов непрямого прогноза экстремальных явлений, в частности, на основе генетических связей ЭЯ с крупномасштабными атмосферными процессами, более точно воспроизводимыми моделями, чем локальные значения экстремумов. В таком случае прогностическим показателем КР будет повторяемость таких процессов в будущем.

Календарь штормов Черного моря (со значительной высотой волн $h \geq 4$ м) был составлен для современного климата по результатам численных экспериментов модели ветрового волнения SWAN (Simulating Waves Nearshore) за период 1948 – 2010 гг., выполненных на суперкомпьютере «Ломоносов» (МГУ). Данные о поле ветра для экспериментов взяты из реанализа NCEP/NCAR с дискретностью по пространству $1,9 \times 1,9^\circ$ широты и долготы, по времени – 6 ч.

На основе разработанного метода климатического прогноза экстремальных явлений получено, что реакцией режима ветрового волнения в Черном море на продолжение потепления в XXI веке (ансамбль моделей климата, сценарий RCP8.5 проекта CMIP5) станет увеличение повторяемости синоптических ситуаций (они оценивались по полю приземного атмосферного давления), сопровождающих сильное волнение.

Отдельно по результатам модели Института вычислительной математики РАН INMCM4 была выполнена оценка повторяемости синоптических ситуаций в XXI веке (сценарий RCP8.5, CMIP5), сопровождающих высокие скорости ветра в районе северо-восточного побережья Черного моря. Поскольку выбран

ный для прогноза сценарий RCP8.5 считается наиболее экстремальным (по отношению к изменению радиационного баланса – одной из важнейших составляющих климатической системы), можно заключить, что даже значительные направленные изменения климатообразующих факторов в XXI, заданные в сценарии, могут не вызвать статистически значимое изменение интенсивности циклонической деятельности во внетропических широтах, о чем свидетельствует прогноз повторяемости синоптических ситуаций, потенциально вызывающих высокие скорости ветра в этом районе, в том числе, новороссийскую бору. Однако, в ходе исследования обнаружено, что в климате XXI веке повторяемость боры арктического класса увеличится по сравнению с климатом второй половины XX века, но уменьшится частота возникновения боры сибирского класса.

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЕЯТЕЛЬНОГО СЛОЯ ЧЕРНОГО МОРЯ В ПЕРИОДЫ ХОЛОДНЫХ ВТОРЖЕНИЙ

Баянкина Т.М., Михайлова Н.В., Сизов А.А.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
bayankina_t@mail.ru*

Ключевые слова: квазиоднородный слой, выхолаживание, температура, арктическое вторжение холодного воздуха, термоклин.

Представлены результаты исследования процесса выхолаживания верхнего квазиоднородного слоя (ВКС), происходящего в течение короткого времени (процесс импульсного выхолаживания). Исследование проводилось с использованием дрейфтеров с термокосой, работавших в западной части Черного моря в декабре – феврале 2012 и 2014 гг. Исследуемый временной интервал характеризуется отрицательной фазой межгодовой изменчивости индекса со значениями САК ≥ 1 . Для циркуляции атмосферы в годы САК ≥ 1 характерно преобладание антициклони-

ческой циркуляции атмосферы и вторжение холодного воздуха на акваторию Черного моря (арктическое вторжение).

Результаты анализа показали, что в случае понижения отрицательной температуры воздуха на $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ температура воды на глубине $0,5\text{ м}$ понижается на $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Исследования механизма понижения температуры ВКС при арктическом вторжении показали, что выхолаживание ВКС происходит в течение суток. Такая высокая скорость проникновения холодной воды на глубину 40 м (глубина ВКС) превышает скорость диффузионной конвекции. Однако, если учитывать относительно высокую скорость ветра (около 10 м/с), которая наблюдалась во время арктического вторжения в 2012 и 2014 гг., можно предположить, что перемешивание в ВКС происходило по схеме спиральной циркуляции, при которой коэффициент обмена может превышать $1500 - 2000\text{ см}^2/\text{с}$. В пользу этого предположения свидетельствует то, что дрейфтеры находились в струе Основного черноморского течения.

Воздействие ветра на верхний слой моря не только увеличивает скорость перемешивания в ВКС, но и заметно деформирует сезонный термоклин и, соответственно, верхнюю границу холодного промежуточного слоя (ХПС). Эта деформация выражается в том, что в момент повышения скорости ветра термоклин и ХПС заглубляются, а градиент температуры в термоклине уменьшается. При ослаблении скорости ветра термоклин и ХПС поднимаются на меньшие глубины, увлекая за собой более теплые воды постоянного термоклина. Таким образом арктическое вторжение при относительно сильном ветре в течение суток понижает температуру ВКС на величину $0,1 - 0,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и повышает температуру под слоем сезонного термоклина, разрушая в ряде случаев ХПС. Разрушение ХПС в этом случае происходит, по видимому, в зоне его адвективного происхождения, т.е. на южной периферии западной части Черного моря.

ЭМПИРИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОБЫТИЙ СИНОПТИЧЕСКОГО МАСШТАБА НА ПРИМЕРЕ АПВЕЛЛИНГОВ И СГОННО-НАГОННЫХ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ МОРЯ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

Евстигнеев В.П., Наумова В.А., Кириленко Н.Ф.,
Любарец Е.П.

*Севастопольский ЦГМС, г. Севастополь, Россия
vald_e@rambler.ru*

Ключевые слова: апвеллинг, сгонно-нагонные колебания, Азово-Черноморский регион, декомпозиция временных рядов.

В климатологии базовым считается эмпирико-статистический анализ исторических массивов гидрометеорологических данных, позволяющий в глобальной системе океан-атмосфера выделять и изучать на статистически значимом уровне процессы разных временных масштабов изменчивости и их проявлений в различных географических регионах (IPCC 2013). Анализ явлений синоптического масштаба, таких как, например, апвеллинг или сгонно-нагонные колебания уровня моря, осложнен необходимостью выделения этих событий на фоне долгопериодной и сезонной изменчивости рассматриваемого элемента. Не существует строго формализованной методологии выделения таких явлений из исходного ряда для формирования репрезентативной статистической выборки. Применение стандартных методов линейной фильтрации временных рядов может привести ложную информацию, что связано с нестационарностью статистической структуры рядов гидрометеорологических данных (наличие, например, сезонной компоненты изменчивости). Во избежание указанных сложностей в настоящей работе предлагается использовать нелинейный метод декомпозиции временных рядов на эмпирические моды (Huang et al., 1998). Метод позволяет выделить ортогональные компоненты ряда (от шумовых до трендовых) с сохранением многообразия статистической структуры каждого из них и хорошо заре-

комендовал себя в задачах выделения нестационарных мод в геофизических исследованиях (Huang and Wu, 2008).

В работе показана применимость указанного метода к климатическому анализу событий апвеллинга и сгонно-нагонных колебаний уровня. Даны статистические оценки параметров распределения характеристик этих событий (интенсивность, продолжительность и повторяемость) в прибрежной зоне Азово-Черноморского региона, особое внимание уделено экстремальным областям распределений. Выявлены основные временные масштабы многолетней изменчивости параметров апвеллингов и сгонно-нагонных явлений и обсуждается согласованность их многолетней изменчивости с крупномасштабными процессами в системе океан-атмосфера.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПЕРЕНОСОВ ТЕПЛА ИЗ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ В АРКТИКУ ПО ДАННЫМ АРГО-МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ОКЕАНА (АМИГО)

Лебедев К.В.

ИО РАН, г. Москва, Россия

KLebedev@ocean.ru

Ключевые слова: ARGO, моделирование, циркуляция, течения, климат, перенос тепла, Северная Атлантика, Арктика.

С 2005 г. измерения с помощью дрейфующих автономных всплывающих буев ARGO стали вести на большей части акватории Мирового океана. Постоянно пополняющиеся массивы измерений позволяют решать задачи реконструкции и мониторинга состояния океана в режиме, близком к реальному времени, и исследовать особенности океанской динамики и ее изменчивости. Накопленные массивы измерений позволяют получить разумные оценки климатического состояния Мирового океана для последнего десятилетия и дать оценку текущим внутриклиматическим трендам.

В 2015 г. в Институте океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук (ИО РАН) была разработана не имею-

щая аналогов в мире Арго-модель исследования глобального океана (АМИГО) и началось создание новых массивов океанологических данных, основанных на измерениях ARGO. Главное отличие этих работ от работ в данном направлении зарубежных коллег состоит в комбинировании данных Арго с историческими климатическими полями (районы отсутствия измерений и глубины более 2 км) с использованием вариационной методики интерполяции измерений на регулярную сетку и последующей модельной гидродинамической адаптацией полученных полей. Такой подход позволяет получать по данным ARGO о температуре и солености полный набор океанологических характеристик: температуру, соленость, плотность и, что самое главное, скорость течений. Выполненные российскими океанологами расчеты с использованием данных Арго охватывают 10-летний период с 2005 по 2014 гг. и представлены ежемесячными, сезонными, годовыми и среднеклиматическими полями. Созданная по результатам этих расчетов база данных АМИГО находится в свободном доступе в сети Интернет на сервере ИО РАН по адресу <http://argo.ocean.ru/>.

Тепло Гольфстрима переносится на север Европы Норвежским течением, являющимся продолжением одной из ветвей Северо-Атлантического течения. Анализ с использованием данных АМИГО изменчивости расхода Норвежского течения и переноса этим течением тепла в 2005 – 2014 гг. позволяет выделить аномально низкие зимние расходы и теплопереносы в 2010 и 2013 гг. и большую положительную аномалию зимой 2012 г. Анализ данных метеонаблюдений показывает, что температуры на севере европейской территории России в феврале 2010 г. и марте 2013 г. были одними из самых низких за всю историю метеонаблюдений, а январь 2012 г., напротив, был одним из самых теплых. В феврале 2010 г. на север европейской территории России пришли аномальные холода, на станции Хоседа-Хард в Ненецком автономном округе достигнут второй минимум температуры воздуха, зафиксированный в Европе за время наблюдений – -56.4°C . Март 2013 г. на севере европейской территории России был самым холодным за последние 50 лет, среднемесячные температуры воздуха в Архангельской области и Республике Коми оказались ниже нормы на $8 - 10^{\circ}\text{C}$. В конце 2011 г. и в

январе 2012 г. аномалии среднемесячной температуры воздуха в российском секторе Арктики превышали $+12\dots+14^{\circ}\text{C}$, а в обсерватории им. Кренкеля на о. Хейса – $+16^{\circ}\text{C}$. Впервые за всю историю проводившихся здесь метеонаблюдений в январе 2012 г. была зафиксирована температура воздуха выше 0°C .

Сравнительный анализ изменчивости расходов и переносов тепла течениями и индекса Североатлантического колебания за период 2005 – 2014 гг. показывает наличие между ними хорошо выраженной связи.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №14-50-00095.

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ФРОНТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

Колмак Р.В., Артамонов Ю.В., Скрипалева Е.А.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
rkolmak26@yandex.ru*

Ключевые слова: Черное море, спутниковые данные, температура поверхности моря, гидрологический фронт, градиент температуры, сезонная изменчивость.

Представлены результаты исследования особенностей внутрigoдового цикла характеристик температурных фронтов на поверхности Черного моря на основе современного массива спутниковых данных с высоким пространственно-временным разрешением. Используется массив Black Sea High Resolution and Ultra High Resolution Sea Surface Temperature Analysis, содержащий данные спутниковых измерений температуры поверхности моря (ТПМ) за период с января 1982 по декабрь 2015 гг. со среднесуточным осреднением в узлах сетки $0,04^{\circ} \times 0,04^{\circ}$.

Фронты выделялись по экстремумам меридиональных (МГТ) и зональных (ЗГТ) градиентов температуры, которые рассчитывались по среднемесячным значениям ТПМ для каждого года и далее помесячно осреднялись за 34 года. Идентификация фронтов проводилась по диапазону температуры, соответствующему

данному экстремуму, знаку градиента и широтному или долготному положению экстремума. Положительное значение МГТ (ЗГТ) показывает повышение температуры в направлении с севера на юг (с запада на восток).

Совместный анализ среднегодовых распределений ТПМ, МГТ и ЗГТ показал, что в Черном море можно выделить ряд фронтальных разделов, которые имеют разную интенсивность и протяженность. Большинство фронтов располагается ближе к берегам и является результатом взаимодействия прибрежных шельфовых вод с водными массами, переносимыми Основным черноморским течением.

На северо-западном шельфе прослеживаются три фронтальных раздела, интерпретируемых как отдельные ветви общего Северо-западного фронта (СЗФ) – Прибрежная (ПрВСЗФ), Центральная (ЦВСЗФ) и Южная (ЮВСЗФ). На остальной акватории моря были выделены следующие фронты: Керченско-Феодосийский фронт (КФФ), Кавказский (КавФ), Фронт южной границы теплых юго-восточных вод (ФЮГ), Батумский (БатФ), Юго-восточный (ЮВФ), Анатолийский (АФ), Босфорский (БФ) и Западный прибрежный (ЗПрФ).

Кроме хорошо выраженных прибрежных фронтов, в глубоководной части Черного моря были обнаружены фронтальные зоны квазизональной ориентации, представляющие собой области повышенных значений МГТ без четко выраженных отдельных экстремумов, которые можно было бы интерпретировать как климатические фронты. Одна такая зона с положительными значениями МГТ располагается в центральной части моря – фронтальная зона центральной части моря (ФЗЦЧМ). Вторая зона с преобладающими отрицательными значениями МГТ прослеживается в юго-восточной части моря – юго-восточная фронтальная зона (ЮВФЗ).

В работе обсуждаются возможные механизмы сезонной изменчивости интенсивности отдельных фронтов. Показано, что ветви СЗФ, КФФ, ФЮГ, ЮВФ, ЗПрФ наиболее обострены в зимний период, когда увеличиваются контрасты между более холодными прибрежными водами и водами открытого моря. Летом, когда поверхностные воды наиболее прогреты и относительно однородны по пространству, эти фронты могут полно-

стью размываться. Фронты в восточной и южной части моря (КавФ, БатФ, АФ, БФ), наоборот, наиболее обострены в летний период и ослаблены зимой.

Фронтальные зоны в глубоководной части Черного моря также подвержены сезонной изменчивости. Так, фронтальная зона центральной части моря наиболее ярко выражена в зимний период, а летом может размываться. Юго-восточная фронтальная зона, наоборот, имеет наибольшую интенсивность в летний период, а в зимний период ослабевает.

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ВОД В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ В 2016 Г. (87-Й, 89-Й И 91-Й РЕЙСЫ НИС «ПРОФЕССОР ВОДЯНИЦКИЙ»)

**Федирко А.В., Артамонов Ю.В., Шутов С.А.,
Скрипалева Е.А., Колмак Р.В.**

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
vault102@gmail.com*

Ключевые слова: Черное море, гидрологические измерения, термохалинная структура вод, Основное черноморское течение, Севастопольский антициклон, верхний квазиоднородный слой, холодный промежуточный слой, сезонная изменчивость.

Представлены результаты исследования структуры и динамики вод северной части Черного моря по материалам 87-го (июль), 89-го (октябрь) и 91-го (ноябрь – декабрь) рейсов НИС «Профессор Водяницкий» в 2016 г. Гидрологические измерения проводились с помощью комплекса «*Sea-Bird 911 plus*», скорости течений измерялись в верхнем 300-метровом слое с помощью измерителя *Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP)*.

В распределениях термохалинных характеристик по данным трех съемок хорошо прослеживался сезонный сигнал. Он проявлялся в последовательном понижении от съемки к съемке средней температуры верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) ($T_{ВКС}$), увеличении температуры в ядре холодного промежуточного слоя (ХПС) ($T_{ХПС}$) и увеличении глубин залегания нижней гра-

ницы ВКС ($H_{ВКС}$), ядра ХПС ($H_{ХПС}$) и верхней границы сероводородной зоны по изопикне 16,2 усл.ед. ($H_{16.2}$). Так, в июле $T_{ВКС}$ составляла 24 – 28°C, $H_{ВКС}$ – 10 – 20 м, $T_{ХПС}$, $H_{ХПС}$ и $H_{16.2}$ изменялись соответственно в пределах 8,19 – 8,49°C, 45 – 95 м и 90 – 170 м. В октябре $T_{ВКС}$ составляла 17 – 21°C, $H_{ВКС}$ – 10 – 30 м, $T_{ХПС}$, $H_{ХПС}$ и $H_{16.2}$ изменялись, соответственно, в пределах 8,32 – 8,52°C, 40 – 90 м и 100 – 160 м. В ноябре – декабре $T_{ВКС}$ составляла 12 – 14°C, $H_{ВКС}$ – 25 – 65 м, $T_{ХПС}$, $H_{ХПС}$ и $H_{16.2}$ изменялись соответственно в пределах 8,50 – 8,58°C, 50 – 100 м и 110 – 180 м.

Распределение солёности в поверхностном слое показало уменьшение диапазона ее изменчивости от июля к декабрю. В июле солёность изменялась от 17.0‰ на крайнем северо-западе съёмки до 18.3–18.4‰ в ее мористой части. В октябре минимальная солёность наблюдалась у берегов Крыма и составляла 18.1–18.15‰, у южной границы полигона она не превышала 18.45–18.5‰. В ноябре-декабре пространственные изменения солёности были незначительны – от 18.2 до 18.4‰.

Анализ циркуляции вод по данным трех съёмок показал, что в периоды измерений стрежень Основного черноморского течения (ОЧТ) располагался над свалом глубин, при этом максимум инструментально измеренной скорости (60 – 70 см/с) наблюдался у юго-западных берегов Крыма. В структуре Основного черноморского течения проявлялась синоптическая изменчивость в виде меандров и вихрей. Хорошо выраженный антициклонический круговорот – Севастопольский антициклон (СА) был зафиксирован по данным инструментальных измерений в западной части съёмки. СА имел крайне ассиметричную вертикальную мощность со слабо развитой северной периферией над шельфом и более интенсивной южной периферией над свалом глубин. Наиболее четко СА проявлялся в октябре 2016 г. По инструментальным данным в этот период скорости на юго-западной периферии СА достигали 40 см/с, на северо-восточной – до 20 см/с. Проявление СА наблюдалось и в распределениях гидрологических характеристик. В его зоне прослеживались повышение температуры (до 21.25°C) и понижение солёности (до 18.22‰) на поверхности, увеличение глубины залегания нижней границы ВКС (до 30 – 32 м) и ядра ХПС (до 90 – 91 м), при этом

значения температуры в ядре ХПС несколько уменьшались (до 8.42°C).

В июле 2016 г. по инструментальным данным был выявлен еще один антициклонический круговорот – Крымский антициклон. Он располагался над шельфом и свалом глубин между мысами Ай-Тодор и Меганом.

СЕКЦИЯ 3 «ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОРСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Георга-Копулос А.А.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
apr@mhi-ras.ru*

Ключевые слова: морское планирование, охрана морской окружающей среды, рациональное использование ресурсов прибрежных вод.

С принятием Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года, утвержденной Указом Президента России от 19 апреля 2017 года №176, и Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента России от 1 декабря 2016 года №642, в России начинается новый этап использования, сохранения и развития ресурсов прибрежной зоны морей России, а также внутренних водных бассейнов нашей страны. При том, новые документы стратегического планирования во многом развили и дополнили существующие акты, такие как Морская доктрина России, Концепция развития рыбного хозяйства Российской Федерации на период до 2020 года, Стратегия развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года, Стратегия деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 года, и другие аналогичные документы планирования федерального уровня.

Однако, несмотря на серьезный уровень проработанности многих вызовов, целей и задач, а также мероприятий их реализации в существующих документах стратегического планирования, ряд существенных проблем в области рационального использования ресурсов прибрежной зоны остался не урегулирован или же без четкого плана действий органов государственной власти по развитию прибрежных зон и территорий России. Кро-

ме того, остаются неразрешенными многочисленные конфликты интересов различных субъектов природопользования ресурсов морей России.

Часть конфликтов интересов вызвана слабым уровнем урегулированности согласования интересов всех субъектов и хозяйствующих структур, осуществляющих различные виды морской и прибрежной деятельности. Другая часть конфликтов интересов и неразрешенных проблем является следствием слабого уровня морского планирования в России в настоящее время. Особо сильно данные противоречия проявляются в Азово-Черноморском регионе и прибрежных водах и территориях Крымского полуострова.

Одним из инструментов разрешения многочисленных проблем в области использования, сохранения и развития ресурсов прибрежной зоны должен стать федеральный закон о морском планировании, проект которого уже несколько лет обсуждается экспертным сообществом. Еще более эффективным средством разрешения конфликтов интересов и обеспечения оптимального режима прибрежных зон в России могут стать региональные документы стратегического планирования, основанные на принципах учета интересов всех субъектов природопользования. При разработке подобных документов ключевое значение играет эффективное использование органами власти регионов потенциала российских научных организаций, осуществляющих комплексные морские исследования. Отсутствие должной научной базы при формировании документов стратегического планирования может привести к тому, что принятые документы будут иметь бланкетный или же декларативный характер.

Еще одним эффективным инструментом разрешения многочисленных проблем природопользования ресурсов прибрежных зон морей России может стать соответствующий специализированный документ стратегического планирования в области развития прибрежных зон России. Такой документ должен предусмотреть метод зонирования прибрежных акваторий и территорий, что существенно снизит риск возникновения конфликтов интересов хозяйствующих субъектов.

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ КРУПНОЙ ВЗВЕСИ В ПРИБОЙНОЙ ЗОНЕ ПРИ ДВИЖЕНИИ ВОЛН ВДОЛЬ БЕРЕГА

Дыкман В.З., Ефремов О.И.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
zaharovich_41@mail.ru*

Ключевые слова: аппаратурный комплекс «Донная станция», прибойная зона, придонная турбулентность, размыв берегов.

Крупные минеральные частицы в прибойной зоне находятся под воздействием придонных скоростей волнового происхождения с амплитудами порядка 1 м/с и более. Концентрация крупных частиц в придонном слое толщиной несколько сантиметров имеет пульсирующий характер с двумя максимумами на протяжении волнового периода. В большинстве случаев гидравлически крупные частицы могут считаться влекомыми, поскольку в фазе малых скоростей они успевают опуститься на дно. Такое движение происходит в направлении волны и является в основном возвратно-поступательным.

Для обеспечения натуральных исследований быстропеременных и нерегулярных процессов в прибойной зоне в МГИ РАН был разработан комплекс аппаратуры «Донная станция», главной особенностью которого является измерение трех компонент скорости течения в волновом и турбулентном участках спектра на основе единого пульсационного модуля.

При фронтальном распространении ветровых волн структура волновых скоростей вблизи берега становится анизотропной, и задержка в развитии придонного турбулентного слоя приводит к разному направлению суммарного гидрогенного перемещения крупной взвеси в зависимости от частоты основной волны, при этом для коротких периодов поток наносов является аккумулялирующим, а при низкой частоте волны – размывающим.

Другой механизм размыва песчаных пляжей характерен для специфического случая движения ветровых волн вдоль береговой линии. Возвратно-поступательное перемещение крупной взвеси в этом случае также ориентируется вдоль берега, но гравитационный поток придонной взвеси направлен всегда от бере-

га на глубину, независимо от частоты и фазы волны. В результате создаются условия для локального размыва, который может привести к серьезным последствиям даже при сравнительно низкоэнергетических ветровых воздействиях.

Указанный механизм перемещения наносов вызван тем обстоятельством, что диффузионное взвешивание частиц осуществляется по нормали к склону, а их гравитационное осаждение происходит по вертикали. В результате минеральные частицы приобретают направленную вдоль дна составляющую редуцированного ускорения силы тяжести при падении в воде. Средняя концентрация крупных частиц в придонном слое здесь определяется интенсивностью основной волны, а средняя скорость гравитационного «сноса» зависит от уклона дна.

Оказалось возможным для такого специфического случая построить отдельную физическую модель гравитационного потока крупных частиц наносов по нормали к береговой линии и сопоставить характеристики модельного переноса с реальными событиями размыва Бакальской косы, зафиксированными во время экспедиции в конце августа – начале сентября 2010 г.

В период с утра 31 августа до вечера этого же числа устойчивый северо-восточный ветер силой около 7 м/с сформировал на восточной стороне Бакальской косы движущиеся вдоль берега волны с периодом 3,5 с и амплитудой придонной скорости порядка 1 м/с. Для этих условий модельные расчеты дают величину размывающего гравитационного потока на уровне 0,8 тонны песка в час на метр береговой линии. Поскольку ветровая нагрузка сохранялась на протяжении примерно 10 часов, можно считать, что указанный гравитационный поток оказал дополнительное влияние на ситуацию гидрогенного размыва узкой части Бакальской косы, произошедшего в последующие сутки при западном ветре большей интенсивности и фронтальном направлении волн.

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ПРИБРЕЖНО-ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЕ ЗАМЕРЗАЮЩИХ МОРЕЙ

Огородов С.А., Архипов В.В., Вергун А.П., Кокин О.В.

*МГУ, г Москва, Россия
ogorodov@aha.ru*

Ключевые слова: криолитозона, термоабразия, воздействие ледяных образований, нефтегазотранспортная инфраструктура.

Морские льды как зональный фактор являются важным пассивным и активным рельефообразующим агентом в прибрежно-шельфовой зоне арктических и других замерзающих морей. Пассивное воздействие морских льдов на динамику берегов и дна замерзающих морей выражается в защитной роли припая и дрейфующих льдов от воздействия волн и приливов. Блокируя береговую зону в течение большей части года, морской лед регулирует действие активных гидродинамических факторов, сокращая время их проявления и определяя тем самым интенсивность абразии берегов и дна. Прямое или активное воздействие морских льдов проявляется в процессе ледовой экзарации (выпахивании) берегов и дна, транспорте наносов морскими льдами, формировании мерзлых пород в контактной зоне «лед-дно», явлениях локального размыва дна вокруг стамух и под приливными трещинами.

Абразия берегов и ледовая экзарация относятся к категории наиболее опасных процессов применительно к объектам нефтегазотранспортной инфраструктуры и, в частности, подводным трубопроводам. Вопрос определения оптимального места выхода на сушу и величины заглубления трубопровода в грунт является весьма актуальным. Недооценка величин абразии берегов и экзарации дна может привести к повреждению инженерных сооружений, в то же время излишнее заглубление объектов сильно удорожает их строительство. Найти оптимальный вариант и, тем самым, снизить риски возникновения чрезвычайных ситуаций в настоящее время наиболее актуальная задача науки и практики.

Причем задача эта усложняется тем фактом, что активное нефтегазовое освоение прибрежно-шельфовой зоны замерзающих морей в настоящее время ведется в условиях глобальных климатических изменений. В результате потепления осенью 2012 года в Северном полушарии достигнут исторический минимум площади ледяного покрова с начала спутниковых наблюдений с 1978 года.

Рост температуры воздуха и воды, увеличение длины разгона волн, увеличение вероятности возникновения экстремальных штормовых нагонов на фоне увеличения продолжительности динамически активного безледного периода создают благоприятные условия для ускоренного разрушения берегов, в особенности, сложенных многолетнемерзлыми породами. Оголившееся в результате термоабразии инженерное сооружение (подводный трубопровод) неизбежно подвергнется динамическому воздействию морских льдов, что может вызвать его деформацию и, в итоге, спровоцировать природно-техногенную катастрофу.

Существенно меняются характер и интенсивность экзарационного воздействия ледяных образований на дно и берега. В результате снижения продолжительности ледового сезона и толщины ледяного покрова активизируется динамика льда, увеличивается его торосистость. Зона наиболее интенсивных ледовых воздействий смещается в сторону суши на более мелководные участки. На фоне сокращения ширины и устойчивости припая усиливается воздействие морских льдов на берега.

Потепление климата также приводит к активизации динамики ледников, увеличивая сброс айсбергов. Снижение ледовитости, в свою очередь, способствует дрейфу через свободную ото льда акваторию айсбергов в те районы, где в предшествующий период более высокой ледовитости они не встречались. Появление айсбергов в районах, где нефтегазотранспортная инфраструктура на это не рассчитана, создает для нее дополнительные риски.

Исследование проведено при поддержке РНФ, проект № 16-17-00034.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ШТОРМОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ РЕЛЬЕФА ДНА И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА УЧАСТКЕ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Гуров К.И., Фомин В.В., Удовик В.Ф.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
gurovki@gmail.com*

Ключевые слова: береговая зона, Крымский п-ов, донные отложения, гранулометрический состав, модель XBeach.

Гранулометрический состав донных отложений во многом определяют характеристики их перемещения под воздействием волн и течений. Перераспределение различных фракций наносов в береговой зоне приводит к штормовым деформациям профиля пляжа и подводного берегового склона, которые могут сохраняться в течение достаточно длительных промежутков времени и, соответственно, изменить рекреационную привлекательность участка побережья.

Исследования штормовой морфодинамики на участке береговой зоны Крымского п-ва в районе пересыпи оз. Богайлы проводились с использованием модели XBeach. В качестве входных параметров модели использованы натурные данные о рельефе дна и гранулометрическом составе наносов, полученные в ходе выполнения комплексных мониторинговых наблюдений (исследований) береговой зоны западного Крыма, проводимых МГИ РАН.

Для района пересыпи оз. Богайлы характерно прямолинейное расположение изобат в направлении, параллельном линии уреза воды. Исследование особенностей распределения размерного состава наносов показало, что в приурезовой полосе и в верхней части подводного берегового склона, ограниченной изобатами 1 – 1,5 м, преобладает крупно- и среднезернистый песок с примесью мелкозернистого гравия. С увеличением глубины доля крупнозернистого материала сокращается, а глубже 2,5 м он полностью отсутствует. В диапазоне глубин от 2 – 2,5 м до 4 м в

пробах преобладает алеврито-пелитовая смесь с незначительными включениями мелкозернистого песка.

В данной работе модель XBeach реализована в 1D-варианте для кусочно-линейной аппроксимации профиля береговой зоны, построенного по результатам натуральных измерений и имеющего длину 500 м. Волнение задавалось в виде JONSWAP спектра с различными комбинациями высоты и периода волн. Расчеты осуществлялись для штормового события продолжительность около 48 часов.

Проведена серия численных экспериментов для исследования механизма деформации рельефа и перераспределения наносов различной крупности по профилю при различных параметрах волнения, имеющего направление, близкое к нормали к береговой линии. Наносы заданы в виде смеси из трех компонентов (мелкий гравий и крупнозернистый песок – среднезернистый песок – мелкозернистый песок), распределенных с различным соотношением объемных концентраций на различных участках профиля.

Полученные результаты показали, что под воздействием всех типов волнения происходит переформирование профиля дна путем его выполаживания в приурезовой полосе и размыва пляжа. Изменение объемных концентраций частиц различной крупности определяется исходным уклоном дна на профиле и характеристиками волнового воздействия. Мелкозернистый материал преимущественно перемещается в мористую часть профиля и формирует аккумулятивное тело в виде бара. С увеличением периода волны расширяется полоса штормовых деформаций рельефа дна. Граница размыва пляжа сдвигается в сторону берега, возрастают абсолютные величины деформаций дна, как в зоне размыва профиля, так и в зоне аккумуляции материала.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2014-0010.

ВОЗМОЖНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ КАЛАМИТСКОГО ЗАЛИВА В РЕЗУЛЬТАТЕ СТРОИТЕЛЬСТВА БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Горячкин Ю.Н., Удовик В.Ф., Лазоренко Д.И., Фомин В.В.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
udovik_uvf@mhi-ras.ru*

Ключевые слова: береговая зона, Каламитский залив, берегозащитные сооружения, численное моделирование вдольбереговой поток наносов, береговая линия.

В рамках реализации проекта строительства набережной на пересыпи оз. Сакское (Каламитский залив Черного моря) предполагается возведение поперечных пляжеудерживающих конструкций в зоне песчано-гравийных пляжей полного профиля.

Из теории известно, что в случае блокировки уже существующего вдольберегового потока наносов возникает интенсивный низовой размыв. Данное положение неоднократно было подтверждено на практике для указанного района, где интегральное перемещение наносов происходит с юга на север.

В частности, в 1981 г. здесь было закончено строительство водозаборного комплекса, представляющего собой оградительный мол, головная часть которого была выдвинута на расстояние около 70 м от уреза воды. В последующие годы наблюдалось интенсивное отступление берега на расстоянии до 3 км к северу от мола. Одновременно произошло выдвижение береговой черты до мористой оконечности мола с его южной стороны. В 2008 г. здесь же было осуществлено строительство двух гравитационных бун длиной около 25 м. Наблюдалась стабилизация ширины пляжа в межбунном пространстве и на незначительном расстоянии к югу от пляжеудерживающих конструкций. Однако на расстоянии до 200 м к северу от них произошло смещение линии уреза воды и разрушение коренного берега с образованием уступа размыва. Появилась угроза повреждения капитальных строений и для их защиты была возведена волноотбойная стена. Таким образом, в обоих случаях наблюдалась

классическая картина низового размыва в результате блокировки потока наносов.

Для получения прогнозных оценок изменения положения береговой линии в случае размещения поперечных гидротехнических сооружений непроницаемого типа нами использовался открытый код численной морфодинамической модели GenCade v1r3. Рассматривались варианты воздействия ветрового волнения, чередующегося по направлению относительно нормали к берегу и имеющего различное соотношение высот волн.

На этапе валидации модели проведены расчеты по воспроизведению динамики положения линии уреза воды для описанного выше случая строительства двух бун длиной 25 м. Сравнение результатов расчетов с данными натурных наблюдений и серией космических снимков показало их хорошее совпадение.

Для варианта, предусмотренного проектом строительства в районе пересыпи оз. Сакское двух непроницаемых бун длиной 115 м, расстояние между которыми 2300 м, получены характеристики изменения положения уреза воды после прохождения серии модельных штормов, аппроксимирующих сезонный цикл штормовой активности. Расчеты показали, что к северу от бун область отступления береговой линии составляет около 600 м. Максимальные значения смещения линии уреза в сторону берега достигают 28 – 29 м. Выдвижение береговой черты с южной стороны бун возможно на участке длиной около 300 м.

Таким образом, с использованием современной математической модели получены расчетные характеристики изменений положения береговой линии в результате планируемого строительства гидротехнических сооружений. Блокировка вдольберегового перемещения наносов, во всех рассмотренных случаях приводит к существенной перестройке литодинамических процессов и формированию области низового размыва. Данные обстоятельства необходимо учитывать еще на этапе обоснования проекта, а в случае его реализации предусмотреть мероприятия по компенсации ущерба, нанесенного окружающей среде.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2014-0010.

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ АККУМУЛЯТИВНЫХ БЕРЕГОВ ЗАПАДНОГО КРЫМА

Косьян Р.Д.¹, Горячкин Ю.Н.², Годин Е.А.²,
Харитонов Л.В.², Крыленко В.В.¹

¹ЮО ИО РАН, г. Геленджик, Россия

²ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
rkosyan@hotmail.com

Ключевые слова: береговая зона, аккумулятивные берега, динамика береговой линии, отступление берегов, мониторинг, беспилотные летательные аппараты, Черное море.

До второй половины XX столетия динамика морских берегов Крымского полуострова определялась, в основном воздействием природных факторов. В последующие годы активное хозяйственное освоение побережья во многих случаях велось без учета строения и закономерностей развития берегов, что привело к общей деградации береговых систем, отступанию берегов, ухудшению экологического состояния, функциональных и эстетических свойств прибрежных территорий, а также к значительным материальным и финансовым потерям.

С целью недопущения дальнейшего ухудшения и исправления сложившейся ситуации сегодня первостепенной задачей представляется разработка долгосрочной концепции развития берегов Крыма. В ней, с учетом принципов устойчивого развития, должны получить научное обоснование проекты хозяйственного освоения береговой зоны и разрабатываемые схемы берегозащиты. Выработка научно обоснованных рекомендаций предполагает, наряду с анализом истории развития берегов, обеспечение оперативного мониторинга береговой зоны, уровень которого не может быть обеспечен без привлечения современных технических средств. Одним из таких средств являются беспилотные летательные аппараты (БПЛА). По сравнению с другими видами съемок (натурными или дистанционными) съемка с использованием БПЛА позволяет обеспечить мониторинг изменений берега или последствий опасных при-

родных явлений в заданных временных интервалах с относительно небольшими затратами.

Примером успешного применения БПЛА является его использование совместной комплексной экспедицией Южного отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН и Морского гидрофизического института РАН, состоявшейся 13 – 17 июня 2017 г. В ходе работ на различных типах морских берегов абразионно-обвальных (клифы у пос. Фрунзе), аккумулятивных пересыпях систем море-лагуна (оз. Багайлы, оз. Ойбурское, оз. Донузлав), песчано-ракушечных косах (Бакальская коса), антропогенно измененных (пос. Заозерное, пос. Песчаное) наряду с определением морфометрических характеристик, отбором проб на гранулометрический и минералогический анализ, наземным фотографированием была выполнена фото- и видеосъемка интеллектуальной камерой, установленной на БПЛА Phantom 4+Pro.

Полученные с помощью БПЛА фото и видео материалы в настоящее время используются в сочетании с прямыми измерениями морфометрических характеристик для: создания ортофотопланов изучаемых объектов; определения линейных размеров и объемов штормовых промоин в аккумулятивных телах; оценки объемов коллювиальных конусов на абразионно-обвальных берегах; определения содержания и качества пляжеобразующего материала в клифах с целью оценки его будущего поступления в береговую зону в ходе абразии; оценки объемов изъятия пляжевого материала из береговой зоны при несанкционированной добыче песка с пляжей и дюн; оценки видов и степени антропогенного преобразования морского берега; мониторинга динамики вышеперечисленных характеристик при последующих повторных съемках.

На наиболее интересных участках предполагается продолжение комплексных мониторинговых исследований аккумулятивных берегов Западного Крыма в 2018 г.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект 14-17-00547.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ВОЛНЕНИЯ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ В МОДЕЛЬНОМ БАССЕЙНЕ ПЕРЕМЕННОЙ ГЛУБИНЫ

Михайличенко С.Ю., Удовик В.Ф.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
liham1984@rambler.ru*

Ключевые слова: негидростатическая гидродинамическая модель SWASH, поверхностные волны, волноломы, коэффициент трансформации волн, взаимодействие волн.

С использованием негидростатической гидродинамической модели SWASH (Simulating WAves till SHore) исследовано влияние волнолома на характеристики поверхностных волн, распространяющихся в модельном прямоугольном бассейне переменной глубины с размером 600×600 м. На участке дна глубина бассейна линейно уменьшается с 10 до 5 м. Волнолом прямоугольной формы с вертикальными стенками, имеющий длину 200 м, расположен в центральной части расчетной области, где глубина составляет 5 м. Пространственный шаг расчетной сетки – 0,5 м.

Проведена серия численных экспериментов для различного положения гребня волнолома относительно невозмущенной поверхности жидкости и различной ширины препятствия. На входе в бассейн во всех экспериментах задавались волны с высотой 1,5 м и периодом 7 с. На остальных границах расчетной области использовалось условие свободного прохождения возмущения за пределы модельного бассейна.

Влияние линейных размеров волнолома на характеристики волнового поля оценивалось путем расчета коэффициента трансформации волн. В качестве исходного поля использованы результаты моделирования для случая отсутствия волнолома.

Результаты численных экспериментов показали, что взаимодействие поверхностных волн с волноломом во всех рассмотренных случаях приводит к изменению пространственной структуры и величин размаха колебаний свободной поверхно-

сти. Суперпозиция набегающих волн с отраженными от препятствия приводит к изменению их параметров перед волноломом. Ширина волнолома и положение его гребня в значительной степени определяют размеры формируемой зоны трансформированного волнения и степень диссипации энергии волн. При уменьшении амплитуды проходящих волн увеличивается вклад эффекта дифракции в распределение высот волн в заволноломном пространстве.

Результаты проведенных исследований могут использоваться при разработке проектов берегозащитных мероприятий.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2014-0010.

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ САМООЧИЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЭКОСИСТЕМЫ ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ ГЕРАКЛЕЙСКОГО ПОЛУОСТРОВА В ОТНОШЕНИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Иванов В.А., Совга Е.Е., Котельянец Е.А.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
plistus@mail.ru*

Ключевые слова: Гераклейский полуостров, нефтепродукты сезонная изменчивость, антропогенная нагрузка.

Гераклейский п-ов – треугольный выступ суши в Черное море на юго-западе Крымского п-ова, ограниченный Севастопольской бухтой, рекой Черной, Балаклавской долиной и Балаклавской бухтой. Его прибрежная акватория испытывает значительную антропогенную нагрузку и опосредованное влияние бухт Севастопольского региона (Севастопольской, Карантинной, Круглой, Стрелецкой, Казачьей, Камышовой и Балаклавской). Антропогенная нагрузка на данную акваторию определяется: выпусками бытовых и промышленных сточных вод, рекреационной деятельностью, а также поступлением загрязняющих веществ с поверхностным стоком. В исследуемой акватории расположена магистраль основного канализационного сброса Сева-

стополя (более половины всего городского расхода), диффузор которой находится на расстоянии 3,3 км от берега на глубине около 70–80 м.

Основными загрязнителями Черного моря, как и всего Мирового океана, остаются нефть и нефтепродукты.

По результатам комплексной океанографической съемки НИС «Бирюза» 20 – 21 мая и 12 – 13 сентября 2016 г. определена сезонная динамика содержания нефтепродуктов в акватории Гераклейского полуострова (микрополигон) в районе нахождения магистрали канализационного сброса Севастополя. Рассчитана «синоптическим» методом ассимиляционная емкость акватории микрополигона по отношению к нефтепродуктам, ее экологическое благополучие весной и осенью 2016 года и время ассимиляции загрязняющего вещества до уровня ПДК.

Полученные результаты показали, что весной исследуемая акватория характеризуется экологическим благополучием в отношении нефтепродуктов, при этом осенью данная акватория по результатам осенних съемок 2015 и 2016 годов оценивалась как экологически не благополучная.

Показано, чем больше концентрация нефтепродуктов превышает уровень ПДК, тем больше времени потребуется экосистеме для ассимиляции загрязняющего вещества и доведения его концентрации до уровня ПДК. Для осени 2015 года — это время составило 3,2 суток при максимальном содержании нефтепродуктов 3,2 ПДК, а для осени 2016 года – 11,2 суток при максимальном содержании нефтепродуктов 6 ПДК.

Такая ситуация вполне объяснима – осенью после курортного сезона при увеличении рекреационного потенциала побережья, сопровождающегося как увеличением транспортной нагрузки на водную акваторию и так растущими объемами канализационных стоков, увеличивается и содержание нефти в водной акватории. Кроме этого, в курортный сезон растет количество малотоннажных транспортных средств, состояние которых практически не контролируется, они являются дополнительным источником нефтяных углеводородов (НУ) из-за утечки горюче-смазочных материалов.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2014-0010.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИСТОЧНИКОВ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ПРИБРЕЖНЫЕ АКВАТОРИИ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

Вержевская Л.В., Бакуева Я.И., Багаев А.В.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
ludmyla.ver@mhi-ras.ru*

Ключевые слова: геоинформационные системы; экологическое состояние; Южный берег Крыма.

Обширные побережья, являющиеся рекреационными зонами, такие как прибрежные акватории Севастопольского региона и Южного берега Крымского полуострова, испытывают значительную антропогенную нагрузку, увеличивающуюся до своего максимума в курортный сезон.

Увеличивающаяся антропогенная нагрузка является актуальной проблемой для прибрежных территорий, к решению которой необходимо подключить все возможные инструменты. В целях научного обоснования формирования практических подходов к управлению рисками антропогенного характера мы считаем важным составить пространственно-географическую характеристику источников антропогенной нагрузки на прибрежные акватории южного берега Крыма.

Для решения поставленной задачи целесообразно использовать QGIS, геоинформационную систему, являющуюся удобным и достаточно «гибким» инструментом, позволяющим проводить все необходимые расчеты, работать с информацией в дифференцированных базах данных и наглядно представлять промежуточные и конечные результаты исследования.

Используемая информация взята из источников, находящихся в открытом доступе. Статистика по территориям Крыма с оформленными картами предоставлена В.В. Долотовым, информация социально-экономического характера и сведения о муниципальных бюджетах взяты на сайтах администраций городов Севастополя и Ялты, демографическая характеристика исследуемых регионов отражена по результатам последней ве-

рифицируемой переписи населения, данные по урону загрязнения взяты из ежегодного доклада Министерства Экологии и природных ресурсов Крыма (предоставляется Росприроднадзором).

В дальнейшем на основе указанных данных с применением QGIS созданы следующие слои: города, районы городов, реки, акватории, предприятия, загрязняющие атмосферу, трубы муниципальных стоков. В слоях ГИС также содержится информация о населении городов по районам, объемах расходов городского бюджета, в том числе на защиту окружающей среды; о плотности населения и о предприятиях, формирующих основную антропогенную нагрузку на атмосферу прибрежных городов.

Используя собранную информацию, по одной из доступных методик для акваторий районов города Севастополя и Большой Ялты определены следующие интегральные индикаторы: плотности прибрежного населения, расходов по охране окружающей среды, охраняемых территорий, общего воздействия предприятий.

Полученные результаты позволяют оценить экологическое состояние и спрогнозировать, как именно будет меняться ситуация при изменении плотности населения, затрат на защиту окружающей среды и появлении новых предприятий.

Следующим этапом работы будет разработка интегральных индикаторов, учитывающих стоки рек и аквапарков, загрязнение пляжей и стоков пластиковыми отходами и учет гидродинамических характеристик акваторий.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2014-0010.

ДИНАМИКА СОСТАВА И УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БАЛАКЛАВСКОЙ БУХТЫ В 2005 – 2015 ГОДАХ

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

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
plistus@mail.ru*

Ключевые слова: Балаклавская бухта, тяжелые металлы, донные отложения, геохимические показатели.

Балаклавская бухта, являясь акваторией с ограниченным водообменом, выполняет роль порта для маломерных судов, что усиливает антропогенную нагрузку и приводит к ухудшению её экологического состояния.

Донные отложения, выполняя роль индикатора интенсивности техногенных воздействий, являются важным геохимическим звеном в цепи экологического равновесия морской среды. Аккумуляция поступающего в акваторию загрязнения, участие в процессах обмена веществом и энергией, все это делает изучение донных осадков важной составляющей системы мониторинга прибрежных районов.

Цель настоящей работы – оценить изменение уровня загрязнения донных отложений тяжелыми металлами в зависимости от интенсивности накопления органического углерода и гранулометрического и минерального состава осадков с 2005 по 2015 год.

Пробы донных отложений были отобраны во время экспедиционных исследований в Балаклавской бухте в феврале 2015 г. Определение загрязняющих веществ в донных отложениях бухты позволило оценить современный уровень загрязнения исследуемой акватории и сравнить с исследованиями, проводившимися в 2005 году.

Показано, что за десятилетний период в составе донных отложений бухты увеличилась доля мелкодисперсного илистого материала, особенно в кутовой северо-восточной и северо-западной частях акватории. Кроме того, установлено, что изме-

нилось соотношение фракций илистых осадков. Значительно возросла доля пелито-алевритового материала.

Исследования, выполненные в 2015 г., показали, что уровень содержания $S_{орг}$ за последние 10 лет заметно снизился и в среднем составляет 1,40%. В пределах бухты содержание $S_{орг}$ изменяется от 0,15% в биогенных карбонатных осадках южной части бухты, до 2,95% в мелкодисперсных алеврито-пелитовых илах в северной кутовой части бухты. Это уменьшение содержания $S_{орг}$, по-видимому, связано со снижением уровня антропогенной нагрузки. В бухте практически прекращена техногенная деятельность, связанная с судоремонтom и эксплуатацией военноморского и гражданского флота, за исключением маломерных судов и яхт.

Анализ полученных данных показывает, что изменения в содержании тяжелых металлов в донных отложениях отличаются для различных элементов. В пробах, отобранных в 2015 году, как и пробах 2005 года, преобладают такие металлы как свинец, хром, цинк, медь, мышьяк, стронций. Среднее содержание свинца в пробах 2015 года уменьшилось почти в 1,5 раза по сравнению с 2005 годом. Этот металл является наиболее характерным техногенным загрязнителем, связанным с функционированием подводного флота, деятельность которого в настоящее время в Балаклавской бухте отсутствует. В тоже время, среднее содержание кобальта, меди, стронция незначительно увеличилось по сравнению с содержанием данных элементов в 2005 году.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2014-0010.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В АЗОВСКОМ МОРЕ НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННЫХ РАСЧЕТОВ И ДАННЫХ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Шульга Т.Я.

ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
shulgaty@mail.ru

Ключевые слова: Азовское море, эволюция пассивной примеси, дистанционные наблюдения, численное моделирование, усвоение спутниковых данных, сравнительный анализ спутниковых и модельных данных.

В работе обсуждаются методы совместного использования информации, полученной методами дистанционного зондирования морской поверхности из космоса и модельных решений. Проводится анализ их согласованности, позволяющий выявлять негативные изменения состояния морской среды, прогнозировать их возникновение и последствия антропогенных воздействий. На основе разработанных новых модельных алгоритмов обобщаются результаты численного моделирования и данных спутниковых наблюдений о состоянии вод акватории Азовского моря за период 2013 – 2014 гг.

В численных исследованиях использовалась версия трехмерной нелинейной гидродинамической модели *ROM*, примененная также для численного анализа эволюции загрязнений. Математическая модель основывается на уравнениях турбулентного движения вязкой жидкости в приближении гидростатики. Пространственное разрешение сетки модели по горизонтали – $1,4 \times 1,4$ км, число расчетных уровней по вертикали – одиннадцать. Используются различные временные шаги для нахождения уровня моря и осредненных двухмерных составляющих скорости, и для вычисления отклонений от найденных средних и вертикальной составляющей скорости. Карта батиметрии и конфигурации береговой линии Азовского моря построена на основе оцифровки карт Гидрографической службы и интерполирована на расчетную сетку. Моделирование распространения примеси

выполнено на основании решения уравнения переноса и диффузии, для которого к граничным условиям добавляются условия отсутствия потоков примеси через свободную поверхность, боковые стенки и дно бассейна.

В работе использованы спутниковые данные второго уровня прибора *MODIS* со спутника *Aqua* за 2013 – 2014 гг. Исходные данные имеют километровое пространственное разрешение. В верхнем слое моря по спутниковым данным рассчитаны параметры: отношение нормализованной яркости света $L_{WN}(\lambda)$, выходящего из-под поверхности воды, в двух спектральных каналах 531 и 488 нм, и коэффициент обратного рассеяния света частицами взвеси на длине волны 555 нм. Эти данные определяют наличие взвеси (например, минеральной взвеси, связанной с речными выносами или подъёмом со дна в результате сильного ветра), и также взвеси биологического происхождения (например, цветение кокколитофорида).

Моделирование сценариев распространения загрязняющей примеси проведено с использованием метеорологических данных системы атмосферного моделирования *SKIRON*. Серии численных экспериментов проводились для начальных концентраций загрязняющей примеси, соответствующих данным спутниковых наблюдений, содержащих наиболее полную информацию о взвеси различного происхождения. С целью анализа согласованности данных спутниковых наблюдений и результатов моделирования проводится сравнение концентрации загрязняющей примеси в поверхностном слое моря.

Совместный анализ результатов численного моделирования и спутниковых изображений позволяет сравнивать результаты расчетов с оперативной обстановкой, приводит к обоснованным выводам при составлении прогноза последствий распространения загрязнений.

Работа выполнена в рамках государственного задания 0827-2014-0010.

КООРДИНАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАУЧНЫХ ФОНДОВ И ПРОГРАММ ФИНАНСИРОВАНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ РОССИИ

Гогоберидзе Г.Г.¹, Заболотников Г.В.², Малахова Ю.А.²

¹*РГГМУ, г. Санкт-Петербург, Россия*

²*МАГУ, г. Мурманск, Россия*

ggg@rshu.ru

Ключевые слова: арктические моря России, координация исследований, финансирование исследований.

Анализ научно-исследовательской деятельности основывался на информации открытых источников, включая Единую государственную информационную систему учета результатов научно-исследовательских опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения, затрагивающих реализацию научных проектов на территории в АЗРФ.

Среди заказчиков выполняемых научно-исследовательских работ преобладают Российская академия наук и Минобрнауки России. По источнику финансирования можно выделить две основные группы:

- финансирование из федеральных бюджетных источников профильных федеральных органов исполнительной власти, в т.ч. в рамках федеральных целевых программ;
- финансирование из научных фондов.

При этом отмечается дисбаланс, что финансирование в рамках научных фондов почти в 7 раз меньше при существенно большем количестве проектов.

В результате анализа проектной деятельности можно выделить следующие основные мероприятия по повышению эффективности действующих механизмов финансирования проектов арктической тематики, в том числе исследований арктических морей России:

- разработка механизмов взаимосвязанных проектов арктической тематики в рамках общих «зонтичных» тематик для нескольких различных источников финансирования (ФЦП, РФФИ, РНФ и т.д.);

- стимулирование привлечения молодых специалистов к участию в реализации проектов, путем закрепления за ними рабочих должностей при и после реализации проектов;
- повышение роли публикаций результатов исследований в российских научных периодических и неперидических изданиях (сборники, материалы конференций и т.д.);
- стимулирование участия в конкурсах региональных организаций с привлечением центральных профильных организаций и активизация запросов арктических регионов при формировании тематик проектов.

Работа выполнялась при поддержке проекта 5.4425.2017/5.1, в рамках государственного задания Минобрнауки России по проведению научно-исследовательских работ в интересах Департаментов Минобрнауки России.

КОНЦЕПЦИЯ МОДЕЛИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ МОРЕХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНАХ РОССИИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА УСТОЙЧИВОСТИ БЕРЕГОВЫХ ЭКОСИСТЕМ И БЕРЕГОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Гогоберидзе Г.Г.¹, Ершова А.А.²

¹РГГМУ, г. Санкт-Петербург, Россия

²МАГУ, г. Мурманск, Россия

ggg@rshu.ru

Ключевые слова: морское пространственное планирование, морехозяйственный комплекс, геоинформационная система.

Главной целью методологии комплексной оценки устойчивости береговых систем и береговой инфраструктуры различного пространственного уровня является выявление условий устойчивости и формирования морского потенциала функционирования и развития береговой инфраструктуры приморских территорий как территориальных систем различного пространственного уровня, а также их взаимодействия с окружающей средой. При

этом в работах и исследованиях по изучению береговых систем широкое признание получил индикаторный подход, который объединяет иные подходы к оценке устойчивости береговых систем и береговой инфраструктуры. Индикаторный подход подразумевает использование различных систем индикаторов для анализа и оценки состояния устойчивости и тенденции развития береговых систем.

Для целей пространственного планирования морехозяйственной деятельности и комплексной оценки устойчивости береговых систем и береговой инфраструктуры Арктической зоны Российской Федерации разработана концепция ГИС-оболочки «Береговые системы АЗРФ», которая в данном случае является своеобразным катализатором, необходимым для решения задач, связанных с пространственным распределением климатических, экологических, экономических, юридических и геополитических аспектов. В целом такая ГИС представляет собой особую информационную систему, осуществляющую сбор, обработку, хранение, отображение и распространение пространственных данных, а также данных непространственного характера о береговых системах АЗРФ и расположенных в береговой зоне элементов морехозяйственного комплекса.

ГИС «Береговые системы АЗРФ» реализована на трех пространственных уровнях:

- глобальном (пространственно-временная база данных по всей совокупности береговых систем АЗРФ);
- региональном (пространственно-временная база данных по приморским субъектам АЗРФ);
- районном (пространственно-временная база данных по приморским районным муниципальным образованиям АЗРФ).

Исследование выполнено при поддержке РФФИ в рамках реализации научного проекта № 16-05-00724 «а».

МОДЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ГОРНОГО КРЫМА С УЧЕТОМ БЕРЕГОВЫХ ЗОН БЫСТРОГО ТРАНЗИТА И СУБМАРИНОЙ РАЗГРУЗКИ

Богуславский А.С., Казаков С.И., Лемешко Е.М.

*ЧГП РАН, пгм. Кацивели, Россия
science@bshpg-ras.ru*

Ключевые слова: подземные воды, горный Крым, карст, субмаринная разгрузка, защищенность подземных вод, водообмен, моделирование.

На основе результатов полевых исследований, ГИС-анализа топокарт и космоснимков разработана гидрогеологическая модель подземных вод карстового формирования юго-западной части Горного Крыма и береговой зоны (Южного берега Крыма).

Гидрогеологическая схематизация модели по вертикали включает два условных водовмещающих горизонта: верхнеюрский (известняковые карстовые массивы яйл) и доверхнеюрский (трещиноватая зона флишей таврической серии, дресвяно-щебнистые грунты и суглинистые и дресвяно-щебнистые образования нерасчлененных верхнечетвертичных и современных оползневых накоплений). Поток подземных вод имеет струйный преференциальный характер.

Зона питания карстовых подземных вод (Ай-Петринская яйла) характеризуется максимально активными проявлениями карста, а южные горные склоны и береговая зона – разломными нарушениями, отразившимися на характере рельефа и гидрогеологических особенностях территории.

Потоки разгрузки подземных вод ассоциируются с разломными зонами по границам вулканогенных комплексов (Пиляки-Хыр, Кастропольская вулканическая группа), а также по трассам оползней древних известняковых массивов-отторженцев (г. Кошка, Могаби, Бюк Исар).

Выполнена предварительная модельная оценка уязвимости подземных вод исследуемой территории, которая описывается

прогнозной относительной концентрацией условного консервативного загрязнителя, поступающего с инфильтрацией.

Рассмотренный модельный поход ближе подводит к оценке полной защищенности подземных вод карстового формирования исследуемой территории по отношению к возможным техногенным и антропогенным загрязнителям по сравнению с разработанными ранее индексно-рейтинговыми методами.

Это обеспечивается учетом в трехмерной модели не только нисходящих вертикальных, но и латеральных потоков быстрой фильтрации и возможной субмаринной разгрузки подземных вод.

Для целевых крупномасштабных оценок защищенности и уязвимости подземных вод и организации мониторинга их запасов и качества целесообразно применение методик, основанных на детальном трехмерном моделировании с учетом зон быстрой фильтрации и миграции, транзита через береговую зону и субмаринной разгрузки.

Необходимо дальнейшее совершенствование модели по результатам картирования, анализа космоснимков и результатов режимных наблюдений на специальных опорных полигонах детальных исследований.

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ВЫНОСА НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ РЕКАМИ В ЧЁРНОЕ МОРЕ

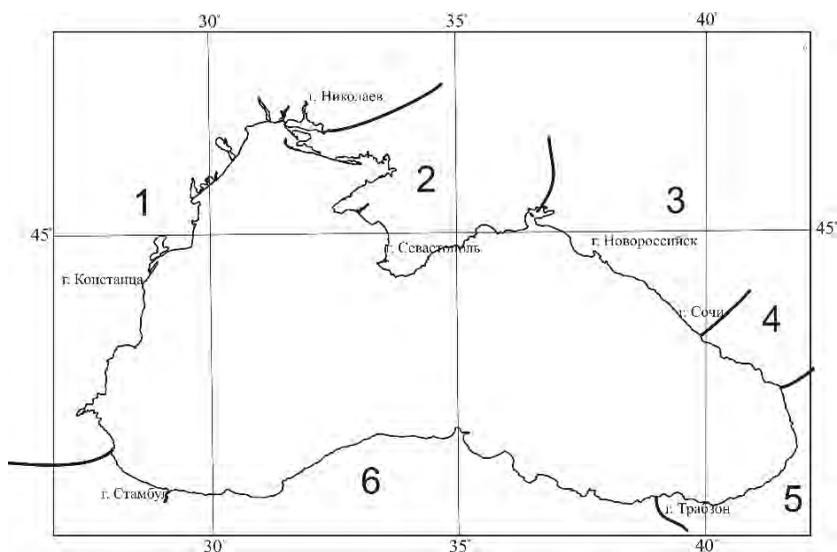
Миньковская Р.Я.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
rosmink@yandex.ru*

Ключевые слова: сток нефтяных углеводородов, районирование.

По стоку рек и неэквидистантным рядам (за 1992 – 2015 гг.) наблюдений за концентрацией нефтяных углеводородов (НУ) в их устьевых створах получены региональные зависимости стока НУ ($W_{НУ}$) от стока воды (W) и площадей водосборов (F), приемлемые для балансовых оценок. На основе их анализа впервые выполнено районирование бассейна Чёрного моря по особенно-

стям формирования стока НУ (рис. 1) и получена его оценка в современный период.



1. Северо-Западный район моря, включая реки Днепр (Украина) и Резовска (Болгария);
2. Реки Крыма (Россия);
3. Восточный район, включая реки Сукко и Мзымта (Россия);
4. Восточный район, между реками Псоу (Россия – Абхазия) и Галидзга (Абхазия);
5. Юго-Восточный район, включая реки Окуми (Абхазия) и Харшит (Турция);
6. Южный район, между реками Харшит (Турция) и Резовска (Болгария).

Рис. 1 – Районирование водосбора Чёрного моря по особенностям выноса НУ

Вынос НУ реками значимых тенденций не имел и был равен 44,6 тыс. т (по оценке традиционным методом, путём умножения нормы стока воды на среднюю многолетнюю концентра-

цию), 46,3 тыс. т (по зависимостям $W_{\text{НУ}} = f(F)$) и 35,9 тыс. т (по зависимостям $W_{\text{НУ}} = f(W)$).

Сравнение результатов оценки выноса нефтяных углеводородов с речным стоком в Чёрное море, полученных традиционным методом, с рассчитанными по предложенным зависимостям значениями $W_{\text{НУ}}$, показало их удовлетворительную сходимость.

Следовательно, при отсутствии данных наблюдений за концентрацией в вершинах морских устьев рек для ориентировочных оценок выноса НУ в Чёрное море допустимо использовать площади водосборов рек.

ВЕРТИКАЛЬНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРОФИЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ НА ГИДРОФИЗИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ (ЮБК)

**Лемешко Е.М.¹, Погребной А.Е.², Толстошеев А.П.²,
Марюшкин Ю.А.¹**

¹*ЧГП РАН, пгт. Кацивели, Россия*
²*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия*
director@bshpg-ras.ru

Ключевые слова: термоклин, гидрофизический полигон, термолиния, уровень морской поверхности.

Приведены результаты статистического анализа поля температуры в районе южного берега Крыма во второй половине 2013 года. Были использованы данные систематического оперативного мониторинга вертикального профиля температуры морской воды в составе полигона на базе стационарной океанографической платформы (пос. Кацивели) ФГБУН «Черноморский гидрофизический полигон РАН». Комплексная измерительная система включала термолинию из 17 датчиков температуры, расположенных на различных горизонтах, измеритель атмосферного давления и измеритель гидростатического давления на глубине нижнего конца термолинии. Также были использованы данные об уровне морской поверхности – среднее значение глубины моря в районе исследований было ~24,5 м. Дискретность

измерений составляла 1 мин, а пределы допускаемой погрешности датчиков температуры не превышали 0,05°C.

Для структурирования вертикального распределения поля температуры использовалась модель двуслойной стратификации, когда два квазиоднородных слоя (верхний более теплый) разделены высокоградиентным термоклинном. Положение уровня термоклина относительно дна определялось по максимуму вертикального градиента температуры, определяемого с дискретностью 10 см, за счет предварительной сплайн-интерполяции текущих вертикальных профилей. Кроме положения термоклина для каждого временного отсчета определялось значение вертикального градиента температуры в термоклине, его толщина, средние температуры верхнего и нижнего слоев, значение положения уровня морской поверхности и атмосферное давление.

Анализируется изменчивость текущих значений исследуемых параметров. Кроме того, произведены обобщенные ежемессячные робастные оценки медианных значений и диапазонов интерквартильной изменчивости, по которым построены диаграммы размахов.

ОСОБЕННОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КИСЛОРОДА И СЕРОВОДОРОДА В ЧЕРНОМ МОРЕ В 2015 – 2016 гг. ПО ЭКСПЕДИЦИОННЫМ ДАННЫМ МОРСКОГО ГИДРОФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Видничук А.В., Кондратьев С.И., Коновалов С.К.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
anna_vidnichuk@mhi-ras.ru*

Ключевые слова: субкислородная зона, кислород, сероводород, аэробные и анаэробные воды, шельфовые и глубоководные районы Черного моря.

После вхождения в РАН и возобновления активной экспедиционной деятельности МГИ в 2015 – 2016 гг. в сотрудничестве с ИМБИ, ИО и ТОИ на НИС «Профессор Водяницкий» были вы-

полнены 4 экспедиции в глубоководной части Черного моря в пределах экономической зоны России.

В каждом из рейсов пробы на кислород и сероводород отбирались из 12 батометров зондирующего прибора «Seabird – Electronics» так, чтобы определить положение верхних границ промежуточного субкислородного слоя и сероводородной зоны, а также толщину субкислородного слоя. Содержание сероводорода определяли йодометрическим методом, принимая йодопотребление на изопикне $\sigma_t = 15,8$ за нулевое, концентрацию кислорода определяли методом Винклера, модифицированным в части отбора проб с низким содержанием кислорода.

В ходе анализа полученных в 2015 – 2016 гг. данных было обнаружено, что во всех съемках уменьшение содержания кислорода (начало оксиклина) фиксировалось на изопикне $\sigma_t = 14,0$ кг/м³. В июле 2016 г. был выявлен подповерхностный максимум содержания кислорода с максимальными концентрациями более 350 мкМ, в октябре этот максимум был заметно меньше (310 – 320 мкМ), чем в июле, а в ноябре практически исчез.

На всех выполненных в 2015 – 2016 гг. «вековых» разрезах м. Херсонес – пролив Босфор положение нижней границы субкислородной зоны (изосульфиды 3 мкМ) было практически одинаково, она располагалась в пределах изопикн $\sigma_t = 16.10 – 16.15$ кг/м³. В этих же пределах нижняя граница субкислородной зоны располагалась на «вековом» разрезе и по многолетним данным.

Что касается расположения на «вековом» разрезе изооксигены 10 мкМ, то оно было подвержено сезонным изменениям: в ноябре 2015 г. изооксигена 10 мкМ на всем разрезе находилась на изопикне $\sigma_t = 15.5$ кг/м³; в июле она осталась на этом же уровне в мористой части разреза, но опустилась до $\sigma_t = 15.65$ кг/м³ в шельфовой части; к октябрю опустилась до уровня $\sigma_t = 15.65$ кг/м³ и в мористой части; а в ноябре процесс заглупления завершился на изопикне $\sigma_t = 15.7$ кг/м³.

Влияние синоптических условий на положение верхней границы субкислородной зоны проявилось в поднятии изооксигены 10 мкМ до изопикны $\sigma_t = 15.7$ кг/м³ над континентальным склоном в районе Севастопольского антициклона.

Относительная устойчивость нижней границы субкислородной зоны и миграция верхней границы проявились и на широтном разрезе по 43.5°с.ш., выполненном по 4-м станциям в июле и октябре 2016 г. Изосульфида 3 мкМ практически не изменила положения и находилась на изопикне $\sigma_t = 16.15 \text{ кг/м}^3$. Изооксигена 10 мкМ в июле располагалась на изопикне $\sigma_t = 15.60 \text{ кг/м}^3$ в западной части и на $\sigma_t = 15.75 \text{ кг/м}^3$ в восточной части моря. За 4 месяца между съемками она на всем разрезе приподнялась до изопикны $\sigma_t = 15.55 \text{ кг/м}^3$. Подобного подъема и следовало ожидать, если предполагать, что положение верхней границы определяется интенсивностью диффузии кислорода из ХПС и по мере истощения запасов в ХПС поступление кислорода должно ослабевать, а верхняя граница приподниматься.

ТЕЧЕНИЯ В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ ПО ДАННЫМ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Морозов А.Н., Вержевская Л.В.

ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
liudmyla.ver@yandex.ru

Ключевые слова: течения, ADCP, Керченский пролив.

Керченский пролив является важнейшей транспортной магистралью и рыбопромысловым районом Азово-Черноморского бассейна. Важное экономическое значение пролива определяет актуальность экспериментальных и теоретических исследований динамики вод акватории на протяжении многих десятилетий.

В настоящее время при проведении натуральных исследований широкое применение находят акустические доплеровские профилометры течений (ADCP), которые обеспечивают измерение скорости с высоким пространственным и временным разрешением. В период 2008 – 2014 гг. такие приборы использовались для проведения исследований динамики вод Керченского пролива в 16 экспедициях Морского гидрофизического института РАН. Цель доклада – представить основные результаты выпол-

ненных измерений, с акцентом на выявленные мелкомасштабные особенности динамики вод пролива.

В экспедициях измерения выполнялись с борта маломерного судна. Зондирования гидрологических параметров проводились на дрейфовых станциях с помощью автономного прибора ГАП16 (ГАП12). Профили скорости течения измерялись, как правило, непрерывно на ходу судна с использованием *ADCP* (модель *WHM1200* производства *RDI*) жестко прикрепленного к борту. При обработке данных учитывалось влияние корпуса судна на показания магнитного компаса прибора на основе сопоставления данных опции отслеживания дна и *GPS*-данных.

Северная узость, часть пролива между косой Чушка и Крымским полуостровом, характеризуется протяженностью около 10 км при средней ширине около 4 км. Измерения, выполненные на ходу судна, на разрезе мыс Ени-Кале – остров Искусственный выявили неоднородность пространственной структуры поля скорости течения с горизонтальным размером ~120 метров в окрестности канала Ени-Кале. Здесь характерным является увеличение скорости течения в ~1,5 раза по отношению к западной и восточной частям разреза. Вертикальные профили скорости течения представляются почти плоскопараллельными и адекватно воспроизводятся логарифмической зависимостью. По данным интенсивности эхосигнала, измеряемого *ADCP*, выявлено значительное увеличение эквивалентной концентрации взвешенного вещества в придонном слое. Это обстоятельство вызвано отрывом донного материала потоком воды и может рассматриваться как способность канала к самоочищению.

Центральная часть пролива с севера граничит с северной узостью, с юга ограничивается Павлоской узостью. В этом районе характерным является выстраивание течений вдоль Керченского подходного канала и канала Ени-Кале. В области пересечения каналов, как правило, наблюдается сложная пространственная структура поля скорости течения. Значения чисел Ричардсона меньше критического наблюдаются с большой вероятностью, что на качественном уровне может рассматриваться как усиление вертикального перемешивания. Также наблюдается увеличение скорости течения в окрестности каналов.

Южная часть Керченского пролива, от Павловской узости до выхода в Черное море является наиболее уязвимой с точки зрения экологической безопасности, так как здесь концентрируются рейдовые стоянки судов, на которых осуществляется перевал грузов, в том числе опасных. Сложность и многообразие причин формирования течений (изменения уровня, ветер, сейши и др.) приводит к их большой изменчивости в пространстве и времени. Измерения, выполненные на различных разрезах, показывают слоистую вертикальную структуру течений. Наибольшие изменения вектора скорости течения по модулю и направлению наблюдаются в слое скачка плотности, разделяющем воды Азовского и Черного морей. В придонном слое течения имеют тенденцию выстраиваться вдоль изобат.

Работа выполнена в рамках темы №1002-2014-0011 (р/н НИОКР 115061510036).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТА ВЗВЕСИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ВЫПУСКОВ СЕВАСТОПОЛЯ И СИМЕИЗА

Иванов В.А., Рябцев Ю.Н.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
vaivanov@mhi-ras.ru*

Ключевые слова: численное моделирование, взвесь, канализационные сбросы, сточные воды, спутниковые снимки, баротропная модель, ветер.

Экспедиционные работы, выполнявшиеся в районах основных сбросов сточных вод Севастополя и Симеиза в 2015 – 2016 гг., обнаружили подводные и поверхностные слои повышенной мутности, содержащие химические загрязнения, характерные для канализационных сбросов в прилегающих к берегу областях. По результатам экспедиционных работ выполнено численное моделирование распространения взвеси канализационных сбросов Симеиза и Севастополя в прибрежных районах Гераклеийского полуострова и в бухте Симеиза. Для расчета те-

чений взята обобщенная на случай учета рэлеевского трения трехмерная баротропная линейная модель. Рассмотрены сценарии распространения взвеси при ветрах всех основных румбов при непрерывном сбросе канализационных стоков и для ветровой ситуации на период экспедиционных работ при непрерывном сбросе канализационных стоков. По результатам моделирования получено объяснение образования зоны загрязнений вдоль берега в поверхностных и подповерхностных слоях у Гераклейского полуострова.

Проведено сопоставление результатов расчетов и результатов обработки спутниковых снимков, соответствующих районов, зафиксировавших особенности гидрологических структур, фронтов, сливов на поверхности моря.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ С ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ В КАЦИВЕЛИ

**Скиба Е.В., Дулов В.А., Кудрявцев В.Н., Смоллов В.Е.,
Розвадовский А.Ф.**

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
katerinys87@gmail.com*

Ключевые слова: морские натурные исследования, ветровые волны, анализ волнографических данных, полуэмпирические законы развития волн.

Рассмотрены законы развития ветровых волн в зависимости от разгона и времени действия ветра. Выполнен анализ данных из волнографической базы, сформированной из длительных (до нескольких месяцев) и фрагментарных (несколько часов) натурных записей со Стационарной океанографической платформы в Качивели, которые были получены с 2003 года по настоящее время. База включает данные о возвышениях морской поверхности, регистрируемых с помощью шестиэлементной решетки волнографов, а также данные о скорости и направлении ветра во время измерений. Для анализа были отобраны редкие «чистые» фрагменты, когда ветровые волны развивались в отсутствие зыби.

Получено, что законы развития волн при контролируемом разгоне, когда ветер дует с берега, полностью соответствуют классическим результатам Бабанина и Соловьева. Но в ситуациях, когда волны приходят со стороны открытого моря и развиваются с течением времени, связь энергии волн с частотой спектрального пика описывается снова той же зависимостью, что и для волн, квазистационарно развивающихся от берега. Предложена интерпретация этого результата, основанная на теоретических работах последних лет.

Исследования проведены в МГИ по теме государственного задания № 0827-2014-0010 «Фундаментальная океанология».

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОДЕРЖАНИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ КРЫМСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЕРНОГО МОРЯ И Г. РОСТОВ-НА-ДОНУ В ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Вареник А.В.¹, Филатова Т.Б.²

¹ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия

²ИАЗ ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

alla_chaykina@mail.ru

Ключевые слова: атмосферные осадки, биогенные элементы, неорганический азот, неорганический фосфор.

В работе представлена сравнительная характеристика содержания в атмосферных осадках основных биогенных элементов (неорганического азота и фосфора) в г. Севастополь и г. Ростов-на-Дону, а также в п. Кацивели как фоновой точке в мае – сентябре 2016 года.

За исследуемый период в г. Ростов-на-Дону было отобрано 14 единичных проб атмосферных осадков на станции, расположенной в зоне отдыха на левом берегу Дона. В г. Севастополь за сопоставимый период было отобрано и обработано 26 проб осадков, в п. Кацивели – 14 проб.

Во всех пунктах наблюдения пробы отбирались в осадко-сборник, открывающийся только на момент выпадения осадков.

Таким образом было исключено попадание в осадкосборник, а затем в пробу аэрозолей и посторонних веществ в перерывах между выпадением атмосферных осадков.

Основными формами азота, поступавшими с атмосферными осадками, во всех пунктах наблюдения являлись аммоний и нитраты. На левом берегу Дона процентное соотношение нитратов и аммония было практически равным – на долю аммонийного азота пришлось 52% от суммарного поступления неорганического азота, нитратного – 47%. Большая концентрация аммония по сравнению с нитратами в осадках г. Ростов-на-Дону может свидетельствовать о влиянии на состояние загрязнения атмосферного воздуха находящихся неподалеку от места отбора проб рисовых чеков.

На фоновой станции в п. Кацевели процентное соотношение аммония и нитратов в атмосферных осадках было близким к соотношению элементов в осадках на левом берегу Дона и составило 56:43, в то время как в урбанизированном районе г. Севастополь оно было обратным – 42:57. Преобладание нитратов в пробах г. Севастополя может указывать на антропогенное поступление элемента.

Средняя концентрация неорганического фосфора на станциях отбора в районе Крымского побережья составила: в г. Севастополь – 0,97 мкмоль/л, в п. Кацевели – 0,76 мкмоль/л. В г. Ростов-на-Дону среднее содержание фосфатов в осадках было 8,20 мкмоль/л.

Обращают на себя внимание значительно более высокие концентрации фосфатов в атмосферных осадках г. Ростов-на-Дону по сравнению с осадками у Крымского побережья. Это также может быть связано с использованием фосфатных удобрений для рисовых чеков. Помимо этого, фосфаты могут поступать в атмосферу с ветрами, дующими с юго-востока, и приносящими этот элемент из Сальских степей. Свой вклад может вносить и деятельность Ростовского зернового терминала.

Работа выполнена в рамках программ государственного задания МГИ РАН по теме 0827-2014-0010 «Комплексные междисциплинарные исследования океанологических процессов, определяющих функционирование и эволюцию экосистем Черного и Азовского морей, на основе современных методов кон-

троля состояния морской среды и гритехнологий» (шифр «Фундаментальная океанология») и ИАЗ ЮНЦ РАН по теме 01-17-03 «Современное состояние и многолетняя изменчивость прибрежных экосистем южных морей России».

СИНОПТИЧЕСКАЯ И МЕЛКОМАСШТАБНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВОД СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

Григорьев А.В.¹, Зацепин А.Г.², Шаповал К.О.³

¹ГОИН, г. Москва, Россия

²ИО РАН, г. Москва, Россия

*³МФТИ, г. Долгопрудный, Россия
ag-privat@mail.ru*

Ключевые слова: оперативная океанография, численное моделирование, данные дистанционных и контактных наблюдений, оценки точности.

Приводятся результаты сравнения данных численного моделирования вод северо-восточной части Черного моря, полученных в рамках задач оперативной океанографии, с данными контактных и спутниковых наблюдений. Моделирование осуществлялось на основе общепобереговой модели МГИ с горизонтальным разрешением ~5 км и региональной модели РОМ северо-восточной области моря с горизонтальным разрешением ~1 км, совмещенных по методу «вложенных сеток». В качестве данных наблюдений использовались срочные наблюдения на морских гидрометеостанциях (ГМС) Кавказского побережья моря (Новороссийск, Геленджик, Туапсе, Сочи), данные измерений зондирующего комплекса AQUALOG (ИО РАН, район Голубой бухты, Геленджик), а также спутниковые измерения температуры поверхности моря и уровня.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРИБРЕЖНО-ШЕЛЬФОВЫХ ВОД СОВРЕМЕННЫМИ МЕТОДАМИ

Кузнецов А.С., Иванов В.А., Морозов А.Н.,
Маньковская Е.В.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
kaskasev@mail.ru*

Ключевые слова: динамика вод, прибрежно-шельфовая зона, информационные технологии.

Перспективы использования значительного потенциала морских природных ресурсов, выгодных транспортных и коммуникационных возможностей прибрежно-шельфовой зоны Черного моря способствуют росту техногенных и антропогенных нагрузок на прибрежный экотон Крыма. В последние годы по данным аэрокосмических исследований на морской поверхности в прибрежной зоне Крыма зарегистрированы многочисленные контрастные проявления больших объемов вод, которые локализованы в районах выхода диффузоров коллекторов сброса загрязненных вод суши. Натурные исследования таких образований необходимы для оценки вклада в изменчивость состояния и качества природной среды.

В последние годы для понимания общей динамики прибрежно-шельфовых вод применяется детализированный подход, где наряду с традиционно влияющими природными факторами исследуется вклад в региональную динамику мезо-, субмезо- и мелкомасштабных вихре-волновых образований, включая интенсивные внутренние волны инерционно-гравитационного диапазона. В то же время определенный вклад в энергетику и режим изменчивости вод прибрежно-шельфовой зоны вносят длинноволновые колебания Основного черноморского течения, в том числе захваченные берегом волны. Для натурных исследований вклада столь разномасштабных процессов в изменчивость динамики прибрежных вод Морским гидрофизическим институтом (МГИ) у южного побережья Крыма была использована информационная технология комплексных полигонных измере-

ний. Технология совокупных измерений позволила детализировать, упорядочить и систематизировать разномасштабные природные процессы в регионе при соответствующем повышении пространственно-временного разрешения и точности измерений. Исследования выполнялись непрерывно на Черноморском гидрофизическом полигоне и многократно в краткосрочных судовых экспедициях на мелкомасштабных полигонах у Гераклейского полуострова и у мыса Кикинеиз в течение 2014 – 2016 гг.

В качестве опорного элемента оценки динамики прибрежных вод были использованы данные вертикальной антенны векторно-усредняющих измерителей течений, установленной на стационарной океанографической платформе в Голубом заливе. Эти измерения позволили систематизировать и оценить вклад и влияние низкочастотных колебаний на динамику прибрежных течений. Для оперативных исследований пространственной структуры гидрофизических полей использовались современные аппаратные разработки МГИ, включая комплекс попутных оптико-гидролого-гидрохимических измерений и STD-зонды. Для оперативных полигонных съемок поля течений использовались акустические доплеровские профилометры течений (ADCP), которые в сочетании с STD-зондированиями обеспечили получение синхронных профилей горизонтальных компонент вектора скорости течений и ряда гидрологических параметров при измерениях с судна в дрейфе. Измерения, выполненные на ходу судна, позволили получить сечения поля скорости течений и содержат качественно новую информацию о пространственных масштабах динамических процессов.

Полученные новые знания способствуют решению задач по оценке вероятных рисков достижения предельно допустимых концентраций загрязнений акватории освоения морских ресурсов, сохранению качества окружающей среды при устойчивом развитии приморских территорий.

Работа выполнена в рамках государственного задания по темам № 0827-2014-0010 и № 0827-2014-0011.

СЕЙШИ В СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЕ

Манилюк Ю.В., Санников В.Ф.

ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия

uvmsev@yandex.ru

Ключевые слова: сейши в бухте, свободные волны, длинные волны, волновые течения, мода Гельмгольца, Севастопольская бухта, аналитические решения.

Севастопольская бухта имеет важное значение для города Севастополя. В ней расположены три коммерческих порта, причальные стенки, предназначенные для стоянки большого количества судов различного назначения, судоремонтные заводы, другие хозяйственные предприятия. В бухте осуществляется интенсивное судоходство. Гидрологический режим Севастопольской бухты изучен недостаточно. Наблюдения за уровнем моря ведутся только в одной точке – с помощью мареографа, расположенного на мысе Павловский. Данные о течениях очень скудные. В основном, они получены в результате кратковременных измерений, выполненных во время экспедиций Морского гидрофизического института в 2008 и 2014 годах.

Сейши являются одним из самых распространенных видов движения жидкости в Севастопольской бухте и вносят существенный вклад в формирование ее гидрологических режимов, в том числе они являются причиной такого опасного явления, как тягун. Их исследованию посвящена данная работа. Для этого используется аналитическое решение системы линейных уравнений длинных волн, полученное для прямоугольного бассейна постоянной глубины с открытым входом, ширина которого равна ширине бухты. При этом предполагалось, что на входе в бухту расположена узловая линия уровня для всех мод сейш. Проведено сравнение значений теоретически рассчитанных периодов сейш со значениями, полученными в результате обработки отцифрованных с дискретностью 5 минут данных наблюдений за уровнем за период с апреля 2001 г. по сентябрь 2002 г. Установлено, что дискретность с данным шагом не позволяет выделить периоды сейш Севастопольской бухты, т.к. их значения

лежат в интервале [0; 13,25 мин]. Исключение составляет мода Гельмгольца, имеющая период около 50 мин. Поэтому, для выделения периодов более высокочастотных мод сейш Севастопольской бухты, необходимо выполнить измерения с дискретностью, не превышающей несколько секунд. Данные наблюдений также указывают на существование в бухте сейш с периодами 2,5 ч, 1,25 ч, которые не описываются используемой математической моделью. Эти периоды принадлежат высокочастотным модам сейшевых колебаний Черного моря в целом.

На основе аналитического решения предлагается методика расчета параметров отдельных мод сейш по результатам наблюдений за уровнем в одной точке. С ее помощью на основе наблюдений за уровнем на посту, расположенном на мысе Павловский, вычислены скорости течений для моды Гельмгольца и получены оценки амплитуды колебаний уровня в кутовой части бухты. Установлено, что при колебаниях уровня с амплитудой 20 см в бухте возможны сейшевые течения со скоростью 18 см/с.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2014-0010 «Комплексные междисциплинарные исследования океанологических процессов, определяющих функционирование и эволюцию экосистем Черного и Азовского морей, на основе современных методов контроля состояния морской среды и гридтехнологий».

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА АЗОВСКОГО И КАСПИЙСКОГО МОРЕЙ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX – НАЧАЛЕ XXI ВВ. И ЕГО ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ

Яицкая Н.А.¹, Третьякова И.А.², Магаева А.А.²,
Шагаров Л.М.³, Лычагина Ю.М.², Лесной А.С.⁴,
Макаровский Г.В.²

¹ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

²ИАЗ ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

³Природный орнитологический парк в Имеретинской
низменности г. Сочи, Россия

⁴ЮФУ, г. Ростов-на-Дону, Россия
yaitskayan@gmail.com

Ключевые слова: Азовское море, Каспийское море, гидрологический режим, опасные природные явления, реанализ, математическое моделирование.

В рамках продолжающегося цикла проектов, посвященных исследованию гидрологического режима Азовского и Каспийского морей во второй половине XX – начале XXI вв. и его экстремальных проявлений с помощью математического моделирования, геоинформационных технологий на основе архивов океанографических данных, получен ряд результатов.

Реанализ сгонно-нагонных явлений показал, что ежегодно в Каспийском море отмечаются нагоны более 50 см и сгоны более 40 см. Наибольший размах сгонно-нагонных колебаний характерен для Северного Каспия и составляет 5 – 7 м. Штормовые нагоны чаще всего наблюдаются в холодный безледный период года. Величина нагона при установлении прочного припая не превышает 1 м. Нагоны у западных и северо-западных побережий вызываются продолжительными и часто повторяющимися ветрами восточных и юго-восточных направлений. Сгоны обусловлены действием ветров западной и северо-западной составляющих. Продолжительность нагонов изменяется от нескольких часов до нескольких суток. В среднем нагоны длятся 36 – 60 ча-

сов, при этом максимальная продолжительность достигает 144 – 192 часа. Экстремальные нагоны (до 1 м) на Северном Каспии возникают при скорости ветра от 10 м/с и продолжительности действия от 10 ч. При таком воздействии ширина зоны затопления достигает 35 и даже 50 км.

Из-за геоморфологических особенностей сгонно-нагонные колебания уровня являются характерным явлением для Азовского моря. Размах экстремумов сгонно-нагонных колебаний достигает максимума в Таганрогском заливе и составляет 6 м. К нагону в Таганрогском заливе приводят ветра с западной (ЮЗ, ЗЮЗ) составляющей, к сгонам – с восточной (В, ЮВ). Продолжительность нагонов составляет от нескольких часов до 3 суток и в среднем не превышает 22 – 24 часа. Сгоны более длительные и могут достигать 12 – 14 суток. Несмотря на то, что нагонные явления в Азовском море характерны для теплого периода года (с апреля по октябрь), фиксируются значительные подъемы уровня и в зимний период, когда глубокие циклоны вызывают сильные ветра эффективных направлений. По ряду наблюдений за уровнем в дельте р. Дон можно сказать, что за последние 50 лет, регулярно наблюдаются нагоны 10% обеспеченности. Нагон в сентябре 2014 года обеспеченностью 0,8% стал историческим. Наибольшим по площади затоплениям подвергается дельта р. Дон, где ширина распространения нагонной волны достигает 20 км. В случае экстремального нагона (например, сентябрь 2014 г.) значительно повышается уровень в г. Ростове-на-Дону.

На основе усовершенствованной типизации зим по степени суровости за период 1950 – 2015 гг. в Азовском море выделено 4 суровых, 34 умеренных и 28 мягких зим. Продолжительность ледостава сократилась на всех прибрежных ГМС: от 5 дней для Таганрога до 22 дней для Приморско-Ахтарска. Среднемноголетнее значение ледовитости составляет 33%. При этом в суровые зимы в среднем за многолетний период составляет около 54%, в умеренные – около 38%, в мягкие – около 28%.

Для региона Азовского моря характерно практически ежегодное возникновение ситуаций зимних опасных природных явлений с кумулятивным эффектом – сочетанием ледового покрова и сильного ветрового воздействия. Установлено, что с 1950 г. отмечается 137 случаев со скоростью ветра 15 м/с и бо-

лее, пониженным атмосферным давлением, и различными ледовыми условиями. Из них выделяется 12 зим класса суровых с максимальной ледовитостью 95% и направлением ветра в диапазоне ЮВ-ЮЗ через юг; 19 умеренных с максимальной ледовитостью 95% и направлением ветра западной составляющей; 16 мягких с максимальной ледовитостью 31.8% и направлением ветра в диапазоне Ю-З. Вероятность возникновения экстремальных штормовых условий наиболее высока в умеренные зимы, когда ледовитость моря не превышает 40%. Необходимо отметить, что после 1986 г. с падением среднегодовой скорости ветра количество случаев с экстремальными скоростями существенно не уменьшилось.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов №№16-35-60046 мол_а_дк, 16-35-00318 мол_а, 17-05-41190 РГО_а.

ШТОРМОВОЕ ВОЛНЕНИЕ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Гармашов А.В.^{1,2}, Толочков Ю.Н.¹, Коровушкин А.И.¹

¹ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия

²СО ГОИН, г. Севастополь, Россия

ant.gar@mail.ru

Ключевые слова: ветровое волнение, высота волн, Черное море, измерение, ветер, мониторинг.

С декабря 1995 г. на морской стационарной газодобывающей платформе (МСП) «Голицыно-4», расположенной на северо-западном шельфе Черного моря в точке с координатами 45°42,5'с.ш., 31°52,5'в.д. (расстояние от берега примерно 50 км), было установлено оборудование для гидрометеорологического мониторинга. Для измерения высот волн использовался витой резистивный волнограф с дискретностью опроса 4 Гц и возможностью регистрации высот волн до 10 м. Датчик для измерения скорости и направления ветра (М63) располагался на высоте

37 метров над уровнем моря. В данной работе скорость ветра приводилась к стандартной высоте 10 м по формуле, предполагающей наличие логарифмического подслоя и нейтральной стратификации. Регистрация ветро-волновых характеристик проводилась в течении периода 1995 – 2002 гг. и 2008 – 2011 гг., который с перерывами охватывает 12 лет. За весь период наблюдений было накоплено более 31 000 волнограмм с продолжительностью от 20 мин. до 60 мин. и более 25 000 записей характеристик ветра. На текущий момент измерения, проведенные на платформе «Голицыно-4», являются самыми продолжительными наблюдениями за ветро-волновыми характеристиками в Черном море.

Цель настоящей работы состояла в анализе измеренного штормового волнения на МСП с привлечением ветровых измерений и данных реанализа MERRA.

Из всех случаев ветрового волнения было выделено 226 ситуаций с высотой значительных волн более 2,5 м, которые относятся к 36 штормам. Каждый шторм характеризовался максимальной высотой значительных волн, максимальной высотой волны, скоростью и направлением ветра. Для 5 штормов по причине отсутствия ветровых измерений были привлечены данные реанализа MERRA. Коэффициент корреляции между измерениями модуля ветра и данными реанализа составляет 0,79, а смещение равняется 0,09 м/с.

Получено, что наибольшее количество штормов (23) было вызвано ветрами южных румбов (Ю – 10, ЮЗ – 12, ЮВ – 1), на ветра северных румбов приходилось 10 штормов (С – 4, СЗ – 3, СВ – 3), 3 и В ветра вызвали соответственно 1 и 2 шторма. Только в 9 из 36 штормов высота значительных волн превышала 3 м. Скорость ветра практически для всех случаев с $H_s > 2,5$ м находилась в пределах 11 – 18 м/с. Наибольшая скорость ветра, зарегистрированная во время шторма, составляла 21,5 м/с. Из всех случаев инструментально зарегистрированных штормов можно выделить наиболее сильный и продолжительный шторм в северо-западной части Черного моря, который наблюдался в январе 1998 г. Для данной ситуации имеется 46 волнограмм с высотами значительных волн более 2,5 м. Максимальная рассчитанная высота значительных волн составляла 3,9 м, а макси-

мальная волна достигала 8,8 м. Этот шторм был вызван продолжительным (более трех суток) действием СВ ветра со скоростями 11 – 19 м/с.

ВЫЯВЛЕНИЕ И КЛИМАТИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ СИНОПТИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ, СПОСОБСТВУЮЩИХ ФОРМИРОВАНИЮ ЭКСТРЕМАЛЬНО СИЛЬНЫХ ВЕТРОВ НАД БАРЕНЦЕВЫМ МОРЕМ

Крылов А.А., Суркова Г.В.

*МГУ, г. Москва, Россия
aloshakrylov@bk.ru*

Ключевые слова: Баренцево море, опасные явления, экстремальные скорости ветра, кластерный анализ.

Исследуется связь экстремально высоких значений скорости ветра и сопровождающих их синоптических ситуаций над Баренцевым морем в условиях современного климата, а также результаты климатического прогноза таких синоптических ситуаций на весь XXI век.

Выполнялась оценка экстремальных значений скорости ветра и типизация соответствующих им синоптических ситуаций на Баренцевом море в условиях современного климата (1981 – 2010 гг.) по результатам реанализа ERA-Interim для зональной и меридиональной компонент скорости ветра. Для этого был составлен календарь событий с экстремальными значениями скорости. Дата заносилась в календарь, если в открытом море значения скорости ветра были выше критических значений. В качестве порогового критерия использовались осредненные по акватории моря процентиля значений скорости ветра для 5-, 1- и 0,1%-й обеспеченности (V_{95} , V_{99} , $V_{99,9}$). При таких условиях число случаев за 30 лет составило для V_{95} более 1200, для V_{99} – 240, для $V_{99,9}$ – 12 дней. Проводилась процедура анализа и систематизации соответствующих синоптических ситуаций. Для этого использовалось поле давления, определяющее режим скорости ветра. Систематизация штормовых полей приземного

давления осуществлялась методом их разложения на естественные ортогональные составляющие, после чего выполнялась их группировка методом кластерного анализа.

Составление климатического прогноза выявленных барических полей было связано с использованием результатов численных экспериментов Международного проекта сравнения моделей СМIP5.

По результатам кластерного анализа было выявлено 4 типичных поля давления, при которых скорости ветра превышают пороговое значение ($V > V_{99}$). Различия ситуаций связаны с местоположением центров низкого и высокого давления и густотой изобар. Показано, что три синоптические ситуации отражают присутствие глубоких циклонов над акваторией Баренцева моря, различаясь расположением их центра и глубиной; четвертый тип характеризуется наличием мощного антициклона над архипелагом Новая Земля и Карским морем.

Итоговый средний по ансамблю моделей осредненный по моделям ход повторяемости синоптических ситуаций демонстрирует слабый, но статистически значимый тренд на увеличение случаев экстремально сильных ветров, в том числе и на уровне 95%-го доверительного интервала.

ЭЛЬ-НИНЬО – ЮЖНОЕ КОЛЕБАНИЕ И АРКТИЧЕСКИЕ ВТОРЖЕНИЯ

Гуменный М.М.¹, Холопцев А.В.²

¹СевГУ, г. Севастополь, Россия

²СО ГОИН, г. Севастополь, Россия

Mx31@mail.ru

Ключевые слова: блокинги, Эль-Ниньо – Южное-Колебание, суммарная длительность, глобальные климатические индексы.

Объект исследования – арктические вторжения, приводящие к образованию малоподвижных барических гребней, соединяющих, как минимум на несколько суток, Арктический антицик-

лон, с тем или иным Субтропическим антициклоном. Подобные барические неоднородности блокируют западный перенос воздушных масс и влияют на метеоусловия во многих регионах Северного полушария нашей планеты, а также жизнедеятельность их населения, часто являясь причиной аномальных погодных режимов, волн жары и холода. Поэтому выявление факторов влияния на изменения суммарной длительности существования (далее СДС) таких блокингов в том или ином месяце является актуальной проблемой физической географии, метеорологии и климатологии.

Наибольший интерес решение рассматриваемой проблемы представляет в отношении ведущих мод глобальной естественной климатической изменчивости. Среди них главной является Эль-Ниньо – Южное Колебание (далее ЭНЮК).

Так как выявление подобных связей позволило бы использовать результаты мониторинга соответствующих характеристик ЭНЮК при прогнозировании вариаций СДС блокингов, а также связанных с ними гидрометеорологических и физико-географических процессов, проверка адекватности выдвинутой гипотезы представляет существенный теоретический и практический интерес.

Цель данной работы – выявление условий, при которых межгодовые изменения СДС блокингов в каком-либо секторе Северного полушария значимо и устойчиво статистически связаны с вариациями характеристик процесса ЭНЮК.

Наиболее информативными характеристиками ЭНЮК являются индексы, которые определяются теми или иными особенностями распределения поверхностных температур и атмосферного давления над экваториальной зоной Тихого океана. Среди таких индексов, наиболее часто используется Nino 3.4, который определяется среднемесячным значением температуры поверхности океана, осредненной для экваториального района Тихого океана (5°N, 5°S; 170°W, 120°W).

Межгодовые изменения состояния ЭНЮК способны оказывать значимое влияние на вариации СДС блокингов, продолжительность существования которых составляет как 3 месяца и более, так и 5 месяцев и более.

Сила статистической связи между данными процессами тем больше, чем меньше продолжительность существования барических гребней, соединяющих Арктический и Субтропический антициклон, которые отождествляются с блокингами.

На блокинги в Тихоокеанском секторе это влияние является значимым, лишь при условии, что их продолжительность рассматривается в феврале. Для наибольшего количества ГКИ оно является наиболее сильным при сдвигах между этими процессами 2 месяца. Влияние вариаций индексов ЭНЮК на изменения СДС тихоокеанских блокингов в период после 1977 г. ослабевает и в XXI веке уже перестало быть значимым.

Влияние ЭНЮК на блокинги в Атлантическом секторе является значимым лишь при условии, что их продолжительность рассматривается в ноябре и октябре. Оно является значимым при временных сдвигах между изучаемыми процессами 0 – 4 месяца, а его сила максимальна при их совпадении по времени. В Атлантическом секторе значимые статистические связи обладают устойчивостью к временным сдвигам и в XXI веке усиливаются, что позволяет предполагать возможность их эффективного использования при прогнозировании возникающих здесь блокингов.

ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ КОМПАНИЙ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПОЛЯРНЫХ РЕГИОНАХ

Куприков Н.М.¹, Иванов Б.В.^{1,2,3}, Доронин Д.О.^{1,2,3},
Полищук М.А.^{1,2,3}

¹АНО НИЦ «Полярная инициатива», г. Москва, Россия

²МГИМО, г. Москва, Россия

³СПбГУ г. Санкт-Петербург, Россия
info@russianpolar.ru

Ключевые слова: арктические страны, стандартизация, техническое регулирование, Арктика, полярные регионы.

В XXI веке полярные регионы занимают важное и стратегическое положение в хозяйственной деятельности полярных государств, в том числе Российской Федерации, США, Канады, Норвегии, Дании, а также активных участников деятельности в полярных регионах КНР, Япония, Австралии, Чили, Аргентины. Возможность осуществления хозяйственной и инфраструктурной деятельности в полярных регионах и является объектом постоянной конкуренции. В условиях глобальной конкуренции и сложных (многоуровневых) интегральных межгосударственных экономических связей основными участниками активной деятельности в полярных регионах сегодня становятся в большей степени высокотехнологические компании и транснациональные корпорации, и уже в меньшей степени национальные и федеральные органы исполнительной власти, министерства и национальные агентства, а также силовые ведомства.

К полярным регионам и деятельности высокотехнологичных компаний в них приковано внимание не только полярных стран, но и крупнейших транснациональных компаний всего мира, в том числе неполярных государств и международных организаций. Каждая сторона стремится усилить здесь свое влияние и закрепить собственное присутствие, используя как дипломатические и научные (мирные) методы, так и агрессивные и кон-

фликтные мероприятия, потенциально несущие угрозу безопасности.

Однако, до сих пор гарантом эффективного международного сотрудничества в полярных регионах и баланса сил является работа международных организаций, а также наличие международных договоров и межгосударственных соглашений. Угроза конфликта вынуждает участников полярной деятельности устраивать баланс сил, который может на постоянной основе устраивать все заинтересованные стороны на всех уровнях управления.

Понимание данного факта и необходимость проведения комплекса мероприятий привело к тому, что сегодня в арктическом регионе выстроена относительно устойчивая политическая архитектура, состоящая из нескольких уровней управления, в том числе межгосударственного, национального, регионального, отраслевого и технологического.

Рассмотрим полярные регионы и деятельность в них государств и высокотехнологичных компаний. Полярные регионы – северный и южный, включают в себя территории Арктики и Антарктики соответственно.

В южном полярном регионе Антарктике и на территории Антарктиды, как физико-географическом районе в южном полушарии, на межгосударственном (наднациональном уровне) действует международный договор об Антарктике от 1 декабря 1959 г. Важно отметить, что согласно ст. 1 договора об Антарктике – Антарктика используется только в мирных целях и ст. 2 – свобода научных исследований в Антарктике и сотрудничество в этих целях <...> будут продолжаться в соответствии с положениями настоящего договора. Таким образом можно сделать вывод о демилитаризации антарктических территорий и преимущественно научной и инфраструктурной деятельности в южном полярном регионе.

В современных принципах ведения хозяйственной деятельности можно явно выделить несколько направлений деятельности высокотехнологичных компаний в полярных регионах, в том числе: проведение исследований в полярных регионах, обеспечение безопасности и охрана границ в полярных регионах, инфраструктурная деятельность в полярных регионах, до-

быча минерально-сырьевых ресурсов в полярных регионах, навигация вдоль Северного морского пути и трансполярные перелеты гражданских самолётов и др.

Несмотря на то, что изучение степени участия и роли вооруженных сил или сил национальной гвардии, военно-морского и пограничного флотов является предметом отдельного исследования и требует консультаций с профильными специалистами ввиду того, что они происходят в не явном «военном» или инфраструктурном виде, уже сегодня можно уверенно сказать, что вышеперечисленные ведомства вне зависимости от национальной принадлежности являются основными потребителями наукоёмкой продукции и технологий высокотехнологичных компаний.

Между участниками полярной деятельности происходит конкуренция за передовые технологии охраны границ и поддержания безопасности, морской и геологоразведки, космических исследований и методы дистанционного зондирования земли, новые материалы и сплавы, информационно-технической поддержки инфраструктурной деятельности на уровне создания перспективной инновационной продукции и технологий. В современной практике научно-технического развития обладателями технологий и правами на результаты интеллектуальной деятельности являются научные и производственные подразделения высокотехнологичных компаний.

Главной причиной этого является отсутствие унифицированных подходов к проведению полярных исследований, отсутствие единых стандартов, на которые могли бы равняться как региональные, так и международные игроки. Наличие подобных стандартизированных норм, в свою очередь, будет способствовать повышению конкурентоспособности и качества как высокотехнологической продукции, используемой при проведении полярных исследований, так и в целом положительно повлияет на развитие данного региона. Разработка арктических стандартов как на национальном, так и на международном уровнях будет способствовать повышению конкурентоспособности и качества высокотехнологической продукции, что является основой повышения конкурентоспособности России.

Таким образом, главная задача на сегодняшний момент заключается как в необходимости рассмотрения вопросов повышения конкурентоспособности высокотехнологичной продукции за счет применения национальных и международных стандартов, что является залогом высокого качества и надежности, так и в разработке унифицированных подходов и единых стандартов как на национальном, так и на международном уровнях. Разработка подобных стандартов на национальном уровне позволит консолидировать подходы и механизмы межведомственного взаимодействия национальных участников полярных исследований, что благотворно скажется на дальнейшем развитии арктического региона. Более того, разработка стандартов для Арктики – задача, которую ранее не предпринимала ни одно государство. Этот фактор критически важен в усилении влияния в регионе, так как именно национальные стандарты могут и должны стать основой для международных стандартов полярных исследований, которым будут следовать все мировые игроки, заинтересованные в присутствии в арктическом регионе.

ПРИДОННЫЕ ТЕЧЕНИЯ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ КРЫМА

Горячкин Ю.Н.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
yngor@mhi-ras.ru*

Ключевые слова: Крым, береговая зона, придонные течения.

До настоящего времени инструментальных измерений течений в береговой зоне Южного берега Крыма (ЮБК) крайне мало для адекватного описания их режимных характеристик и пространственно-временной изменчивости. Ещё меньше сведений о придонных течениях береговой зоны. Между тем, знание их характеристик имеет важное практическое значение, например, для проектирования берегозащитных сооружений и глубоководных выпусков сточных вод. Далее речь идёт о течениях, измеренных в непосредственной близости от дна (не более 50 – 70 см) с помощью стационарных донных станций (ДС). Такие

измерения единичны и существенной проблемой при этом является интенсивное обрастание импеллеров приборов (МГИ 1301 и БПВ) и засорение их донными осадками, особенно в период штормов, когда измерения течений наиболее важны.

Морской гидрофизический институт совместно с объединением «Крымморгеология» проводили долговременные измерения придонных течений на восьми ДС, расположенных от Судака до Ялты. Глубины их установки составляли 10 – 15 м, расстояние от берега 500 – 1000 м. Такие измерения – единственные выполненные в данном районе и до настоящего времени. Полученные данные свидетельствуют, что наиболее характерной чертой придонных течений в береговой зоне ЮБК являются их невысокие скорости. В 60 – 90 % всех случаев значения скорости не превышают 9 см/с. Только в отдельные периоды они возрастают до 10 – 15 см/с. Максимальные измеренные скорости составляют 25 – 30 см/с, однако их повторяемость крайне мала (менее 1 % всех случаев).

Несколько неожиданно распределение течений по направлениям. Только на ДС у м. Айтодор отмечается резкое преобладание западных течений, совпадающих с направлением ОЧТ, довольно близко подходящего к берегу в этом районе. На двух из восьми ДС (в районе п. Веселое) отмечается близкое к равномерному распределение течений по направлениям, с некоторым увеличением вдольбереговой составляющей.

Вопреки устоявшейся точке зрения (впрочем, не подкрепленной анализом конкретных измерений) в придонном слое в целом преобладают течения, направленные от берега. Не исключено, что по происхождению они являются компенсационными, поскольку особенности поля волнения и поверхностных течений в течение года на ЮБК создают условия для нагона вод. Даже на ДС с более или менее равномерным распределением течений по направлениям доля течений от берега значительна. Рассчитанные по синхронному месячному ряду (февраль-март) розы течений показывают большой разброс течений по направлениям в зависимости от местоположения ДС, однако доля течений от берега также значительна. В этот период на побережье отмечалось резкое преобладание северо-западных ветров, которые, однако, характеризовались малой скоростью, не более 5 м/с (в

Алуште в 100 %, в Ялте в 95 % случаев). Анализ рядов наблюдений показывает наличие существенной синоптической и мезомасштабной изменчивости, спектральный состав которой довольно сложен. Расчет энергетических спектров изменчивости течений на ДС для отдельных пунктов показывает, что, как правило, максимальный уровень энергии отмечается в зимний период. Весной и осенью значения спектральной плотности уменьшаются, а в летний период несколько возрастают. Максимальные уровни энергии отмечаются в районе м. Мартьян и п. Солнечногорское. Наиболее сложный спектральный состав колебаний характерен для зимнего сезона. В спектрах доминируют колебания с периодом от 1,5 до 3,5 – 4,0 суток и инерционные. Максимум энергии последних смещен в высокочастотную область относительно локальной инерционной частоты. Теоретический их период составляет 17,1 часа, наблюдаемый – 16,7 часа.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2014-0010.

СОВРЕМЕННЫЕ РОССИЙСКО-НОРВЕЖСКИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ В ОБЛАСТИ МОРСКОГО ПРАВА: ПРАВОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Кузнецова Л.В.

*ВШЭУиП САФУ, г. Архангельск, Россия
lina.kuznetsova.14@mail.ru*

Ключевые слова: морское право, ресурсы Арктики, соглашения в области рыболовства, делимитация арктических пространств, нефтяная деятельность, арх. Шпицберген, континентальный шельф.

Доклад раскрывает становление современных отношений между Российской Федерацией и Королевством Норвегия в области морского права, а именно – рыболовной деятельности, делимитации арктических пространств, экологических аспектов на основе действующих международных договоров, а также

рассматривает острые проблемы, возникающие между странами и возможные перспективы их преодоления.

Современные отношения в области морского права между Россией и Норвегией складывались в процессе исторического развития соседствующих государств. Так, важно указать на факт, что Россия является первой державой, признавшей независимость Норвегии и установившей с ней дипломатические отношения в октябре 1905 г. (в дальнейшем независимость и целостность Норвегии были гарантированы великими державами) (Христианская конвенция 1907 г)

Необходимо отметить, что на сегодняшний день Россия и Норвегия являются не только государствами с богатой развитой экономикой, но также высокоразвитыми правовыми странами, принимающими активное участие в развитии международного морского законодательства.

На современном этапе наблюдается повышенное внимание к Арктике и её природным богатствам, ведь в данном регионе насчитываются грандиозные запасы нефти, природного газа, драгоценных металлов и других ресурсов, в том числе и разнообразие биологических запасов Северного Ледовитого океана.

Норвегия и Россия являются одними из северных стран, которые стремятся эксплуатировать ресурсы Арктики, которые на настоящее время становятся все более доступными в связи с таянием льда (<http://www.bbc.co.uk>). Необходимо отметить, что морские районы имеют жизненно-важное значение для России и Норвегии: высокое содержание залежей нефти, природного газа, наличия рыболовных ресурсов (<http://www.geopoliticsnorth.org>).

Следует отметить, что между Россией и Норвегией до сих пор остается острый вопрос по поводу позиции Норвегии в отношении российского Северного морского пути: Норвегия энергично настаивает на превращении Северного морского пути в международную магистраль, что, безусловно, оказывает влияние на военно-стратегическую обстановку в арктическом регионе (с 1990 г. Северный морской путь стал объектом международного раздора).

Также необходимо указать следующий объект международных отношений России – Норвегии, по поводу которого также продолжаются спорные ситуации – Договор о Шпицбергене

1920 г. (Договор о Шпицбергене от 09 февраля 1920 г. (г. Париж)).

Сложившееся положение вокруг проблемы Шпицбергена и особенно его шельфа достаточно сложно и таит в себе угрозы возникновения серьёзных конфликтов.

СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

СЕКЦИЯ 1 «СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОКЕАНОЛОГИИ»

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НАГОНОВ В БЕЛОМ И БАРЕНЦЕВОМ МОРЯХ

Архипкин В.С., Кораблина А.Д., Мысленков С.А.

*МГУ, г. Москва, Россия
victor.arkhipkin@gmail.com*

Ключевые слова: нагон, штормовой нагон, моделирование, прибрежная зона, нерегулярная сетка.

В связи с активным экономическим освоением природных ресурсов на арктическом побережье России, исследование нагонов имеет важное научное и практическое значение. Цель настоящей работы – на основе результатов численного моделирования выявить закономерности формирования нагонов в Белом и Баренцевом морях. Для этого использовалась гидродинамическая модель ADCIRC совместно со спектральной волновой моделью SWAN. Расчеты проводились на нерегулярной вычислительной сетке высокого пространственного разрешения, охватывающей как Белое, так и Баренцево моря с минимальным шагом 50 м в некоторых прибрежных районах. Вычислительная область имеет две открытые границы. Первая представляет собой полукруглую границу от побережья Норвегии в районе Киркенеса до мыса Желания на Северном острове архипелага Новая Земля. На ней при расчетах задавались приливные колебания уровня моря. Они рассчитывались с помощью гармонических постоянных, взятых из базы данных приливов FES2004. На другой границе, расположенной в проливе Югорский Шар, применялось условие излучения. В качестве входных данных в период с 1979 по 2010 гг. использовались данные о ветре, атмосферном давлении и концентрации льда из реанализа

NCEP/CFSR с пространственным разрешением $\sim 0,3125^\circ \times 0,312^\circ$ и временным шагом 1 час, в период с 2011 по 2015 гг. из реанализа NCEP/CFS2 с пространственным разрешением $\sim 0,205^\circ \times 0,204^\circ$ и временным шагом 1 час.

Для оценки вклада различных факторов в формирование высоты нагона проводились следующие численные эксперименты с помощью модели ADCIRC с различным набором входных данных:

- прилив, ветер, атмосферное давление, лед;
- прилив, лед;
- прилив, ветер, лед;
- прилив, атмосферное давление, лед.

Для выявления роли ветрового волнения в образовании нагона использовалась совместная модель ADCIRC+SWAN.

Под высотой нагона принималось повышение уровня, полученное при вычитании приливных и низкочастотных (период больше 35 суток) колебаний уровня моря из уровня, рассчитанного с учетом всех факторов.

Сравнение результатов моделирования с натурными данными (использовались данные мареографов морских гидрометеостанций Северодвинск, Соловки, Сосновой) показало, что ADCIRC достоверно воспроизводит колебания уровня моря в пространстве и во времени.

Нагоны анализировались в следующих пунктах: в Белом море – Соловки, Онежская губа, Северодвинск; в Баренцевом море – Чешская губа, Печорская губа, Варандей, Хайпудырская губа.

На основе этих экспериментов было получено распределение количества нагонов (в разных диапазонах высоты) по месяцам за 1979 – 2015 гг. в этих пунктах, а также их межгодовая изменчивость.

Выявлена роль ветра и атмосферного давления в формировании нагонов в разных районах изучаемой области. Кроме этого даны оценки вклада ветрового волнения и концентрации льда в высоту нагона.

Рассчитаны особенности штормовых нагонов в Белом и Баренцевом морях в зависимости от траектории циклонов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта РНФ №14-37-00038.

ВЛИЯНИЕ КРУТИЗНЫ ВОЛНЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ НАКАТА ОДИНОЧНЫХ ВОЛН В БУХТАХ С U-ОБРАЗНОЙ ФОРМОЙ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

Базыкина А.Ю., Фомин В.В.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
aleksa.44.33@gmail.com*

Ключевые слова: нелинейные длинные волны, численное решение, узкие бухты с U-образной формой поперечного сечения, заплеск длинных волн на берег.

Исследование характеристик наката длинных волн на берег в прибрежной зоне является важной практической задачей. На мелководье нелинейность начинает играть все большую роль, усиливая влияние изменения геометрических параметров бассейна на пространственную структуру волнового поля. При распространении волн в узких бухтах подъем уровня моря и накат волн на берег могут существенно отличаться от случая плоского откоса. Уменьшение свободного пространства в бассейне и нарастание крутизны волнового фронта приводят к значительному усилению волн при их распространении и накате на берег. Поэтому существует необходимость в изучении динамики длинных волн в узких бухтах для оценки возможного ущерба и разработки мероприятий по защите морского побережья.

Нелинейная теория длинных волн применена для численного решения одномерной задачи о распространении одиночной поверхностной волны в бухтах с U-образной формой поперечного сечения с последующим накатом на береговой склон в вершине бухты. Основное внимание уделено исследованию влияния параметров нелинейности и крутизны волны на характеристики наката волн на берег в бухтах переменного поперечного сечения. Получены оценки вертикальных заплесков и глубины осушения берега в вершинах бухт с треугольной, параболической и прямоугольной формой поперечного сечения.

Построены зависимости максимальных заплесков и понижения уровня моря от параметров нелинейности. Показано, что высота наката и глубина осушения берега увеличиваются с ро-

стом параметра нелинейности, достигая максимальных значений в бухте с треугольной формой поперечного сечения. Верхняя граница параметра нелинейности, которая соответствует началу обрушения волн при накате на берег, является наибольшей при распространении волн в бухте с прямоугольной формой поперечного сечения.

Представлены зависимости максимальных заплесков волн на берег и понижений уровня моря от крутизны подходящей к берегу волны. С ростом крутизны переднего склона волны высота наката увеличивается. Наибольшие заплески наблюдаются в бухте с треугольной формой поперечного сечения. В случае бассейна с прямоугольной формой сечения крутизна оказывает слабое влияние на глубину отката волн от берега. С увеличением крутизны волнового фронта в бухте с параболической формой поперечного сечения понижения уровня моря у берега и высоты наката становятся близкими по модулю, а в случае треугольной формы сечения глубина осушения берега может даже превысить высоту наката волны на берег.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2014-0010 «Комплексные междисциплинарные исследования океанологических процессов, определяющих функционирование и эволюцию экосистем Черного и Азовского морей на основе современных методов контроля состояния морской среды и гритехнологий».

МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО ДАНЫМ КОСМИЧЕСКИХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СЪЕМОК

Бондур В.Г.¹, Евтушенко Н.В.², Замшин В.В.¹,
Матросова Е.Р.^{1,3}

¹НИИ «АЭРОКОСМОС», г. Москва, Россия

²ООО ИТЦ «СКАНЭКС», г. Москва, Россия

³РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, г. Москва, Россия
Ematrosova95@gmail.com

Ключевые слова: дистанционное зондирование, космическая радиолокация, загрязнения морской поверхности, удельная эффективная поверхность рассеяния, геоинформационные системы.

Приводятся результаты космического радиолокационного мониторинга загрязнений поверхности Черного моря различного происхождения. В процессе мониторинга использовались космические радиолокационные изображения, полученные со спутников Sentinel-1A/B, TerraSAR-X, TanDEM-X в период с июля 2015 г. по июль 2017 г. Кроме того привлекались подспутниковые гидрооптические и гидроакустические данные, архив данных геолого-геофизических съемок, а также сведения о расположении промышленных и инфраструктурных объектов в Черном море, в частности, в прибрежных акваториях Крымского полуострова. В процессе проведения мониторинга систематизировано, обработано и проанализировано около 180 радиолокационных сцен.

Ключевой этап обработки космических радиолокационных изображений заключался в выделении участков с отрицательными контрастами удельной эффективной поверхности рассеяния (УЭПР), соответствующих зонам акваторий, на которых наблюдались изменения спектров морского волнения, проявляющихся в угнетении поверхностных волн Брэгговской частоты. Выделение таких участков производилось как в автоматическом, так и в интерактивном (с участием оператора-дешифровщика) режимах. При автоматическом выделении ано-

малый использовался подход, основанный на применении сканирующих окон размером до 1000×1000 пикселей, кластеризации, морфологической фильтрации и сегментации.

Для повышения качества интерпретации выделяемых аномалий УЭПР были сформированы две тематические геоинформационные системы (ГИС): глобальная, охватывающая всё Чёрное море, и локальная, охватывающая побережье Крыма и Северо-Кавказский регион. В этих ГИС интегрированы пространственные данные, позволяющие проводить комплексный анализ результатов обработки космических изображений, подспутниковых данных и априорной информации.

На основании результатов такого комплексного анализа выявлены факты присутствия загрязнений морской поверхности в районах действия заглубленных сбросовых устройств у г. Севастополь и г. Геленджик, свидетельствующие о значительных уровнях воздействия глубинных стоков в этих акваториях, а также сосредоточенность пленочных загрязнений в российском (близ г. Севастополь), грузинском (близ г. Поти) и турецком (близ г. Ризе и г. Уние) секторах Черного моря. Большое количество пленочных загрязнений выявлено вдоль судоходных трасс.

Таким образом были установлены участки акватории, подвергающиеся наиболее сильному загрязнению, требующие проведения дальнейшего мониторинга и природоохранных мероприятий.

Исследования выполнены при поддержке Минобрнауки России (уникальный идентификатор проекта RFMEFI57716X0234, НШ-10007.2016.5).

РЕЖИМЫ ТУРБУЛЕНТНОГО ОБМЕНА НА УРОВНЕ ОСНОВНОГО ПИКНОКЛИНА

Глобина Л.В.

ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
globinaluba@mail.ru

Ключевые слова: турбулентность, коэффициент вертикальной турбулентной диффузии, частота Вясэйля-Брендта, пульсации скорости, профиль частоты плавучести.

Физические процессы тепломассообмена в контексте решения гидродинамических задач океанологии, сводятся к понятию турбулентной диффузии, обуславливающей обмен свойств среды. Как правило, решение таких задач базируется на экспериментальном исследовании течений в океане. Состояние течения в океане описывается полями пульсаций скорости, температуры, солености, с помощью которых можно определить коэффициент вертикальной турбулентной диффузии.

В данной работе представлен анализ исследования зависимости коэффициента вертикальной турбулентной диффузии от частоты Вясэйля-Брендта (N) для глубоководной части континентального склона, выше основного пикноклина Черного моря близ Гераклеийского полуострова.

Подход к исследованию основан на прямом расчете коэффициента вертикальной турбулентной диффузии (K) при использовании двух горизонтальных составляющих пульсаций скорости u' и v' .

Максимум частоты плавучести для континентального склона в Черном море наблюдается на глубине 70 – 80 метров и достигает глубины 150 метров по мере удаления от берега.

Для каждого профиля частоты плавучести по глубине было выделено два исследуемых стратифицированных слоя: слой выше максимума частоты плавучести и слой ниже максимума частоты плавучести (или верхний стратифицированный слой основного пикноклина). Из полученных равенств коэффициента турбулентной диффузии и частоты плавучести установлено, что показатель степени при N в соотношении $K(N)$ для стратифици-

рованного слоя выше максимума N равен двум, тогда как показатель степени при N для верхнего стратифицированного слоя основного пикноклина изменяется в соответствии с моделью, разработанной нами ранее.

Ниже приведен пример расчетных зависимостей, полученных по экспериментальным данным анализа микроструктуры гидрофизических полей для нескольких выделенных станций из экспедиции «Эксперимент» (май, 2007). Информация получена с помощью зондирующего комплекса «Сигма» в верхнем стометровом слое океана при общей глубине около 800 м.

станция №1 (слой на глубине 60–80 метров): $K = 3 \cdot 10^{-9} \cdot N^{-2,17}$

станция №2 (слой на глубине 68–84 метров): $K = 5 \cdot 10^{-8} \cdot N^{-1,53}$

станция №3 (слой на глубине 72–82 метров): $K = 3 \cdot 10^{-7} \cdot N^{-1,16}$

станция №4 (слой на глубине 73–83 метров): $K = 9 \cdot 10^{-9} \cdot N^{-1,97}$

станция №5 (слой на глубине 70–83 метров): $K = 9 \cdot 10^{-9} \cdot N^{-2,18}$

Связь верхнего стратифицированного слоя основного пикноклина и стратифицированного слоя выше максимума частоты Вясйля-Брендта является определенно важным исследованием в понимании взаимодействия двух выделенных слоев, изменения гидрофизических характеристик, значений коэффициентов при N , получаемых в результате расчета зависимостей $K(N)$, в том числе потерь потоков тепла при переходе из одного слоя в другой. Полученные результаты позволят повысить точность расчетов тепломассообмена в рассматриваемых слоях.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ

Жук Е.В., Халиулин А.Х.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
alenixx@gmail.com*

Ключевые слова: Геоинформационная система, база данных, океанографические данные, netCDF.

Геоинформационная система (ГИС) обладает большими возможностями для отображения пространственных данных, формировании запросов к данным (БД и файлам), визуальном представлении результатов (карты, пространственные поля, таблицы и графики), наложении различных информационных слоев. Основная задача – обеспечение интуитивно понятного дружественного интерфейса для работы с пространственными данными.

Инструменты ГИС позволяют визуально строить запрос, выбирая нужный информационный слой и задавая необходимые параметры.

ГИС обеспечивает доступ к следующим данным:

- океанографические данные, хранящиеся в БД;
- карты климатического атласа
- спутниковые изображения
- прибрежные данные по отдельным регионам Черноморского побережья
- прогностические данные, получаемые в результате использования моделей (расчета нелинейных длинных волн типа цунами и расчета распространения нефтяного загрязнения «MEDSLIK»).

Для каждого типа данных разработан свой программный модуль, который позволяет формировать запрос и визуализировать результат в своем информационном слое карты.

Некоторые данные, такие как архивные океанографические измерения, могут быть экспортированы в ODV формат и загружены с сайта.

Инструментарий ГИС позволяет не только скачивать, но и загружать и визуализировать данные пользователя. К примеру, есть возможность визуализации netCDF файлов.

Открытость ГИС предоставляет возможность наращивать её функциональность, добавляя новые источники информации и типы данных в систему путем разработки отдельных модулей для работы с этими типами данных.

СТРУКТУРА ВНУТРЕННИХ ВОЛН В ПРОЛИВЕ КАРСКИЕ ВОРОТА: СИНТЕЗ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ, КОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

Козлов И.Е.^{1,2}, Морозов Е.Г.³, Щука С.А.³, Фрей Д.И.³

¹РГГМУ, г. Санкт-Петербург, Россия

²ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия

³ИО РАН, г. Москва, Россия

igor.eko@gmail.com

Ключевые слова: спутниковые радиолокационные изображения, контактные измерения, численное моделирование, внутренний прилив, внутренние волны, пролив Карские Ворота.

Приводятся результаты анализа структуры внутренних волн в проливе Карские Ворота, полученные на основе совместного анализа спутниковых наблюдений, контактных измерений и моделирования. Показано, что в проливе генерируется внутренний прилив с периодом 12.4 ч за счет взаимодействия течений баротропного прилива с поперечным хребтом. Внутренний прилив распространяется в обоих направлениях от хребта. Со стороны Баренцева моря образуется внутренний бор, за которым следуют пакеты короткопериодных внутренних волн (КВВ). Со стороны Карского моря образуется гидравлический скачок, сопровождаемый генерацией и распространением пакетов КВВ на восток. Результаты численного моделирования согласуются с экспериментальными и спутниковыми наблюдениями.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №16-35-60072 мол_а_дк, гранта РНФ № 14-05-00095, а также в рамках государственного задания по теме №0827-2014-0011.

АНАЛИЗ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ДАТЧИКА РАСТВОРЕННОГО В ВОДЕ КИСЛОРОДА SBE 43 КОМПАНИИ «SEA-BIRD ELECTRONICS» В ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ В ЧЕРНОМ МОРЕ МОРСКОГО ГИДРОФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Кондратьев С.И.¹, Зима В.В.¹, Шутов С.А.¹, Люльчак Д.С.²

¹*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия*

²*ЧГП РАН, н.п.м. Кацивели, Россия*

skondratt@mail.ru

Ключевые слова: растворенный кислород, субкислородная зона, мембранный датчик.

Использование датчика кислорода для изучения содержания этого элемента в аэробной зоне Черного моря особенно актуально, если принять во внимание, что над сероводородной зоной существует субкислородная зона, положение верхней границы которой по данным метода Винклера надежно определяется по изоксигене 10 мкМ, тогда как безмембранный датчик кислорода позволяет фиксировать концентрации кислорода до 1 мкМ, а фотолуминесцентный и до 0.02 мкМ.

Сенсорная поверхность датчика SBE 43 реагирует на парциальное давление кислорода, которое далее пересчитывается программным обеспечением в концентрацию кислорода мл/л или иную любую. Выдаваемый сигнал линеен по отношению к концентрации кислорода, корректировка SBE 43 заключается в изменении наклона прямой линии в координатах сигнал/концентрация. Сигнал и калибровка датчика не ухудшаются при контакте с сероводородом, при нулевом содержании кислорода поддерживается достаточно устойчивый сигнал, мини-

мальным надежным нижним пределом определения концентрации следует считать величину 1 мкМ.

На приведенном масштабе концентраций от 0 до 300 мкМ точки по методу Винклера хорошо укладываются на вертикальный профиль датчика. Но как будут соотноситься данные в областях с низким содержанием кислорода? Практически на всех зондированиях профили датчика при погружении и поднятии не совпадают, причем профиль при поднятии оказывается ближе к данным батиметрии. Различие в значениях на горизонтах, где выполнялась батиметрия в среднем составляет около 4,22 мкМ.

Влияние контакта с сероводородом на работу датчика.

Отбор проб на растворенный кислород на всех станциях с глубиной места более 200 м происходил на движении STD-зонда наверх и после погружения датчика на горизонт, где содержание сероводорода было минимум 20 мкМ. Так что на «обычную» для каждого датчика петлю гистерезиса здесь накладывался еще и контакт с сероводородом. По заверениям разработчиков такой контакт никак не должен был сказываться на показаниях датчика, однако полученные нами результаты свидетельствуют об обратном.

При концентрациях растворенного в воде кислорода стремящихся к нулю, возрастает постоянная времени датчика, которая для начальной области субкислородной зоны составляет величину порядка 180 с. При этом, нормированное время отклика, по данным производителя, составляет всего 2 с. Это обстоятельство следует учитывать при анализе данных, полученных для субкислородной зоны.

На основании проделанной работы можно полагать, что датчик кислорода SBE 43 окажется очень полезным прибором для более точного выявления нижней границы появления кислорода (мы полагаем, что по изооксигене 2 мкМ), чем это позволяет делать метод Винклера (10 мкМ).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕШЕНИЯ СОПРЯЖЕННОЙ ЗАДАЧИ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ЭКСПЕРИМЕНТА

Кочергин В.С., Кочергин С.В.

ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
vskocher@gmail.com

Ключевые слова: сопряженная задача, данные измерений, модель переноса, пассивная примесь, Азовское море.

При решении задач идентификации входных параметров модели переноса пассивной примеси по данным измерений встает вопрос планирования экспериментов с точки зрения построения оптимальных планов. С математической точки зрения, при решении обратных задач, под оптимальным планом понимается сеть точек измерений, распределенных по пространству и времени, дающая наилучшую обусловленность решаемой задачи.

В основе алгоритмов оптимального планирования лежит построение и изучение свойств информационной матрицы и матрицы Якоби, характеризующей зависимость вариации поля концентрации примеси от вариаций тех или иных параметров задачи. Существуют специальные алгоритмы поиска оптимальных планов. Кроме этого, можно сравнивать между собой несколько планов, априори заданных. Сравнение происходит по детерминанту матрицы, который характеризует обусловленность решаемой задачи идентификации параметров численного моделирования, что является очень важным при решении обратных задач.

При реализации вариационного алгоритма идентификации для одномерной модели переноса пассивной примеси рассматривается метод оценки при вычислении матрицы Якоби на основе интегрирования серии сопряженных задач. В результате численных экспериментов показано, что с точки зрения сходимости итерационного процесса более оптимальным является план, в котором измерения осуществляются в области максимальных значений, а информация о местоположении границы пятна загрязнения оказывается полезной для более точной идентификации мощности пятна загрязнения.

На основе результатов, полученных с одномерной моделью, проведены аналогичные расчеты с трехмерной моделью переноса пассивной примеси в Азовском море.

Результаты могут быть использованы для решения различных задач экологической направленности при изучении воздействия источников загрязнения антропогенного характера в акваториях Азовского и Черного морей.

КОНВЕКЦИЯ И ВЕНТИЛЯЦИЯ ГЛАВНОГО ТЕРМОКЛИНА В СУБПОЛЯРНОЙ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКЕ

Кукушкин В.М.

*ИО РАН, г. Москва, Россия
asevovan@gmail.com*

Ключевые слова: Конвекция, потоки плотности, северная Атлантика.

Целью работы является исследование изменчивости характеристик перемешанного слоя в северной части Атлантического океана под влиянием процессов энергообмена между океаном и атмосферой. Акцент в исследовании делается на море Лабрадор и море Ирмингера, где в зимнее время происходит глубокая конвекция и формирование меридиональной ячейки термохалинной циркуляции в Северной Атлантике.

В данной работе для исследования характеристик перемешанного слоя и главного термоклина рассчитываются потоки плотности на поверхности океана, определяемые величиной потока тепла между океаном и атмосферой с учетом осадков и испарения. Расчёты производились для 1993 года по данным реанализа NCEP CFSR, откуда были взяты потоки радиации, потоки скрытого и явного тепла. На основе потоков радиации и данных температуры поверхности воды была рассчитана термическая составляющая потока плотности. На основе потоков скрытого тепла было рассчитано испарение, которое вместе с данными об осадках и солёности поверхности воды позволило расчи-

тать соленостную составляющую потока плотности. Был рассчитан общий поток плотности для каждых 6 часов 1993 года.

На основе рассчитанных потоков плотности исследуется влияние атмосферы на свойства перемешанного слоя океана в различные сезоны в рассматриваемый период времени. Проведен анализ вклада каждой составляющей в общий поток плотности. Оценена межгодовая и сезонная изменчивость потока плотности в зависимости от атмосферных факторов. Была оценена конвекция и вертикальные переносы, формирующие водные массы региона.

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ УРОВНЯ АЗОВСКОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ БЕРЕГОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Лемешко Е.Е., Полозок А.А.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
e.lemeshko@mhi-ras.ru*

Ключевые слова: уровень моря, сгонно-нагонные явления, экстремальные штормовые нагоны, измерения уровня.

Цель работы заключалась в выделении экстремальных значений уровня Азовского моря по результатам анализа данных береговых измерений уровня моря и сопоставлении с соответствующими синоптическими ситуациями над регионом.

Аномальные сгонно-нагонные колебания в Азовском море возникают при синоптических процессах, вызывающих ветер значительной скорости (более 15 м/с). В конце марта 2013 г. в результате штормового нагона чрезвычайно быстро была затоплена водой значительная территория в дельте Дона. Еще более интенсивный подъем уровня в дельте Дона (свыше 3 м по данным в с. Кагальник) произошел в конце сентября 2014 г.

В соответствии с данными натурных наблюдений за погодой на метеопосте в селе Кагальник и автоматического уровнемера на станции в хуторе Донском картина развития экстремального наводнения заняла около 50 часов. Результаты типизации синоптических ситуаций (элементов атмосферной циркуляции) над Азово-Черноморским бассейном сопоставляются со случая-

ми экстремального подъема уровня в дельте Дона в результате штормовых нагонов, известных из публикаций.

Обработаны данные по 4 береговым постам с 2003 по 2016 гг. Построены графики аномалий уровня Азовского моря, описывающие пространственное распределение уровня моря в период штормовых нагонов.

В результате были получены статистические характеристики аномальных значений уровня моря, определены даты начала и конца экстремального изменения уровня, интенсивность и длительность данных процессов.

Получены оценки тенденции повторяемости синоптических ситуаций, приводящих к интенсивным стонно-нагонным явлениям, за период 2003 – 2016 гг. и их сопоставление с межгодовой изменчивостью климатических индексов (NAO, EAWR).

АНОМАЛИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ И ИХ СВЯЗЬ С АТМОСФЕРНЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Лемешко Е.Е.¹, Репина И.А.²

¹ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия

²ИФА РАН, г. Москва, Россия

e.lemeshko@mhi-ras.ru

Ключевые слова: аномалии поверхностной температуры, Черное море, атмосферные процессы, ре-анализ, климатические индексы.

Цель работы заключалась в исследовании межгодовой изменчивости температуры поверхности Черного моря и ее связи с элементами крупномасштабной атмосферной циркуляции.

Анализ данных был проведен на основе метода самоорганизующихся карт Кохонена (СОК) для нейронной сети, который позволяет выделить аномальные пространственно-временные особенности гидрофизических полей и оценить влияние на них глобальных климатических процессов. В качестве данных использовались шестичасовые значения температуры поверхности

моря (ТПМ) с разрешением по пространству 0,125 градуса ре-анализа ERA-Interim за период 1979 – 2014 гг.

Значения ТПМ на шельфе северо-западной части Черного моря минимальны для всей его акватории и составляют около 10 – 13°C, но эта область с самой высокой изменчивостью температуры со значениями среднеквадратичных отклонений 6,8 – 7,8°C. Межгодовая изменчивость ТПМ анализировалась по низкочастотной составляющей, которая получена фильтрацией исходных данных скользящим средним по 12 месяцам.

Согласно методике построения самоорганизующихся карт, проводились расчеты и строились карты весов ТПМ для каждого нейрона (узла) сетки. Для каждого нейрона рассчитывалась также повторяемость его самоорганизующейся карты, то есть в результате получен временной ход повторяемости карт ТПМ в процентах в течение всего времени анализа.

Ветровое воздействие является важным фактором для описания аномалий температуры поверхности моря, его межгодовая изменчивость связана с воздействием глобальных структур атмосферной циркуляции. Для характеристики такого воздействия в работе используются данные климатических индексов NAO и EAWR.

На основании анализа последовательности самоорганизующихся карт ТПМ для суточных данных был введен месячный индекс повторяемости карты, и определена его повторяемость в процентах для каждой из двенадцати карт. Индекс повторяемости карт ТПМ сопоставлен с изменчивостью климатических индексов EAWR и NAO, и, соответственно, с влиянием элементов крупномасштабной циркуляции на межгодовую изменчивость поверхностной температуры Черного моря.

СУБИНЕРЦИОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ В ЧЕРНОМ МОРЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Лукьянова А.Н.¹, Иванов В.А.¹, Залесный В.Б.², Багаев А.В.¹

¹ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия

²ИВМ РАН, г. Москва, Россия

annieromanenko@gmail.com

Ключевые слова: Черное море, численное моделирование, субинерционные колебания, приливы.

В работе изучаются пространственно-временные спектральные характеристики колебаний скоростей течений и уровня, формирующиеся под влиянием атмосферного воздействия и приливного потенциала.

Гидрофизические поля рассчитываются с помощью σ -модели циркуляции Черного и Азовского морей Института Вычислительной Математики РАН (ИВМ РАН). В качестве атмосферного воздействия используются данные CORE, приливной потенциал описывается полусуточной лунной составляющей M_2 .

Для изучения спектральных характеристик были рассчитаны Фурье-спектры колебаний уровня и кинетической энергии на всех горизонтах с применением окна Хэмминга с 50%-ным перекрытием и построены диаграммы Хофмюллера для течений и уровня на каждой станции. Вычислены и визуализированы матрицы когерентности между колебаниями на периодах с наибольшей энергией (6, 8, 12 и 17 часов).

В результате исследований были сделаны следующие выводы:

- учет приливного полусуточного потенциала в модели улучшает точность расчета уровня на прибрежных станциях;
- при учете приливного полусуточного потенциала в модели генерируются субинерционные бароклинные колебания, обнаруженные ранее в Черном море по рядам *in-situ* наблюдений;
- сила приливного потенциала не только увеличивает энергию колебательных процессов в море, но и порождает дополнительные осцилляции течений в районе шельфа и континентального склона;

- развитие полусуточных приливных колебаний порождает бароклинные осцилляции течений во всей толще моря на частоте 12 часов (т.н. бароклиный прилив), которые в свою очередь порождают локальные сейшевые колебания, определяемые конфигурацией берега и рельефом дна;

- значение периода собственных инерционных колебаний может отличаться от теоретического за счет влияния завихренности фоновых течений и воздействия краевых волн.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2014-0010.

СТРУКТУРА ПОЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СКОРОСТИ В ЗОНЕ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО СКЛОНА ЧЕРНОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Маркова Н.В.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
n.v.markova@mail.ru*

Ключевые слова: Черное море, глубинные течения, материковый склон, моделирование, вертикальная скорость.

Исследуются поля вертикальной скорости, полученные в результате численных экспериментов по реконструкции циркуляции Черного моря на основе трехмерной нелинейной гидродинамической z -координатной модели МГИ (Демышев, Коротаев, 1992) с климатическим и реальным атмосферным форсингом. Проведенные расчеты с пространственным разрешением 5 км по горизонтали (Демышев, Маркова и др., 2007, 2010, 2016) и на более мелкой сетке 1,6 км (Демышев, Дымова, 2016) показали наличие особенностей в поле скорости в виде относительно узких (порядка нескольких километров в поперечнике) квазипериодических течений антициклонической направленности, распространяющихся вдоль материкового склона Черного моря в слое под основным пикноклином. По данным климатического расчета, такие течения возникают на глубинах ниже 350 м в северо-восточной части бассейна в течение всего года, однако

наиболее часты в летнее время, время их жизни составляет порядка нескольких суток. В результатах расчетов на мелкой сетке антициклонические течения вдоль свала глубин также присутствуют, однако не во всем субпикноклине, а локализованные на горизонтах около 1000 м.

Поскольку существует ряд натуральных измерений на больших глубинах, также зафиксировавших проявление таких течений, например, с помощью комплекса «Аквалог» при глубине зондирования более 1000 м в районе Геленджика (Островский, Зацепин и др., 2013), и подтверждающих результаты моделирования, возникает вопрос о возможном механизме генерации подобных глубинных особенностей. В данной работе исследование направлено на анализ поля вертикальной скорости как одной из достаточно чувствительных характеристик отклика моря на изменения во внешних полях с акцентом на изучение его структуры в районах проявления глубинных течений. Особое внимание уделяется зоне северо-восточного свала глубин, где узкие глубинные течения были измерены и, по данным всех проведенных численных экспериментов, возникают наиболее часто.

Исследование выполнено по теме госзадания №0827-2014-0011 «Исследования закономерностей изменений состояния морской среды на основе оперативных наблюдений и данных системы диагноза, прогноза и реанализа состояния морских акваторий» (шифр «Оперативная океанография»).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН ЧЕРНОГО МОРЯ, ХАРАКТЕРИЗУЕМЫХ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ ДЛИННЫХ ВОЛН ВЕТРОВЫМИ ВОЗМУЩЕНИЯМИ

Миклашевская Н.А.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
nmikl_107@mail.ru*

Ключевые слова: баротропные колебания, движущийся атмосферный фронт, Черное море, Феодосийский залив, Балаклавская бухта, Севастопольская бухта.

В рамках линейной теории длинных волн изучается процесс генерации баротропных колебаний жидкости в полуограниченном вращающемся бассейне при движении над ним барического фронта. Фронт шириной W движется в зональном направлении с постоянной скоростью $U > 0$. В модели учитываются квадратичное придонное трение и касательные напряжения ветра, связанные с аномалиями атмосферного давления. Касательные напряжения ветра задаются формулами, представляющими собой обобщенный вариант известных формул Акерблома. В них учитывается равномерное перемещение барического поля в зональном направлении. Задача решалась численно с применением явно-неявной конечно-разностной одношаговой по времени схемы на разнесенных прямоугольных сетках. В качестве модельных бассейнов были выбраны Феодосийский залив, Балаклавская и Севастопольская бухты.

Анализ численных экспериментов показал, что во всех рассматриваемых бассейнах увеличение ширины фронта и скорости его перемещения приводит к существенному уменьшению амплитуд колебаний уровня.

В Севастопольской бухте максимальные отклонения свободной поверхности от невозмущенного состояния наблюдаются на левой жидкой границе бассейна. С ростом ширины фронта в 3 раза амплитуды колебаний уровня уменьшаются в 2 раза. Смещения уровня в правой трети бассейна не претерпевают существенных изменений с ростом ширины фронта. Рост скорости

движения фронта в 3 раза влечет за собой уменьшение амплитуды колебаний уровня в 3 раза. Наиболее интенсивные колебания уровня наблюдаются при скоростях движения фронта 1 – 4 м/с. С ростом скорости фронта до 9 м/с смещения уровня в правой части бассейна практически исчезают.

В узкой и извилистой Балаклавской бухте максимальные смещения уровня наблюдаются у левого берега в кутовой области северной мелководной ее части. Рост скорости движения фронта в 3 раза приводит к уменьшению амплитуд колебаний свободной поверхности в 5 раз. При увеличении ширины фронта в 3 раза колебания уровня в бухте практически исчезают (не превышают 1 см).

В Феодосийском заливе максимальные смещения уровня наблюдаются в его западной части. Увеличение скорости перемещения атмосферного фронта в 3 раза приводит к уменьшению амплитуд колебаний свободной поверхности более чем в 3 раза на всей акватории бассейна. С ростом ширины фронта в 4 раза смещение свободной поверхности в западной части Феодосийского залива уменьшается в 1,4 раза, тогда как в восточной части бассейна отклонение уровня от невозмущенного состояния, напротив, возрастает в 2 раза.

Таким образом, во всех исследуемых бассейнах баротропные колебания уровня наиболее эффективно генерируются узкими атмосферными фронтами с относительно невысокой скоростью их переноса (2 – 5 м/с). Смещения уровня существенно зависят не только от ширины и скорости перемещения барического фронта, но и – в большей степени – от геометрических характеристик исследуемого бассейна (его длины, ширины и глубины, изрезанности береговой черты, протяженности открытой границы). При одинаковых параметрах атмосферного фронта в Феодосийском заливе, имеющем самые большие размеры и наиболее протяженную открытую границу, амплитуды колебаний уровня на порядок больше, чем в Балаклавской и Севастопольской бухтах.

РОЛЬ СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЗАВИХРЕННОСТИ ВЕТРА В ФОРМИРОВАНИИ «ОЧКОВ КНИПОВИЧА»

Павлушин А.А., Шапиро Н.Б., Михайлова Э.Н.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
pavlushin@mhi-ras.ru*

Ключевые слова: Черное море, численная модель, ветровая циркуляция, «очки Книповича».

Обсуждаются результаты численных экспериментов по моделированию ветровой циркуляции в Черном море в рамках двухслойной вихреразрешающей модели, основанной на системе примитивных уравнений в приближении «твердой крышки».

В модели учитывается реальный рельеф дна и β -эффект. В качестве возбуждающей силы используются модельные поля тангенциального напряжения ветра, имитирующие сезонные изменения ветра над Черным морем во времени с постоянной и переменной по пространству завихренностью. Сток энергии в модели происходит за счет придонного трения, трения на поверхности раздела слоев и горизонтальной турбулентной вязкости, задаваемой бигармоническим оператором.

Параметры модели были выбраны исходя из качественного соответствия условиям Черного моря. Расчеты проводились на длительный срок, до выхода решения на статистически равновесный режим.

В рамках данной модели исследовались механизмы формирования циркуляции и роль различных факторов, влияющих на этот процесс. В частности были выделены и рассмотрены такие факторы как завихренность ветра, стратификация (двухслойная жидкость), β -эффект, рельеф дна, форма бассейна, трение на дне и на поверхности раздела слоев.

Анализ результатов проведенных численных экспериментов показал, что все перечисленные факторы играют важную роль и должны быть правильно учтены в модели.

В модели удастся воспроизвести известные черты крупномасштабной циркуляции, ее сезонную изменчивость, вихревую структуру, распространение длинных волн (Россби, захвачен-

ных материковым склоном). В частности, хорошо воспроизводятся круговое меандрирующее течение – аналог Основного Черноморского Течения (ОЧТ), квазистационарные антициклонические вихри (Севастопольский и Батумский антициклоны), нестационарные мезомасштабные вихри.

Однако, периодическое разделение циркуляции на два отдельных крупномасштабных циклонических круговорота, известных как «очки Книповича», происходит только при использовании в модели нестационарного поля ветра, при котором задается сезонное изменение величины и знака его завихренности.

НАБЛЮДЕНИЕ ВИХРЕЙ ВБЛИЗИ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ РАДИОЛОКАТОРОВ

Петренко Л.А.¹, Козлов И.Е.^{1,2}

¹ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия

²РГГМУ, г. Санкт-Петербург, Россия

larcpetr@gmail.com

Ключевые слова: спутниковые радиолокационные изображения, поверхность моря, вихревые структуры, архипелаг Шпицберген.

Приводятся результаты наблюдений мезо- и субмезомасштабных вихревых структур в районе архипелага Шпицберген на основе обработки массива спутниковых радиолокационных изображений в июне-августе 2007 года. Большинство вихрей зарегистрировано в июле, в период наиболее интенсивного таяния выносимых в этот район арктических плавучих льдов, а также снега и льда на берегу, обуславливающих распреснение прибрежных вод. Взаимодействие возникающих плотностных градиентов с общей системой течений вблизи архипелага на фоне существенной ветровой изменчивости создает необходимые условия для возникновения многочисленных вихревых структур. В северной и западной частях рассматриваемого района выделено значительно большее количество вихрей, чем в южной и восточной. Выделен-

ные вихревые образования имели размеры от 1 км до 50 км в диаметре. При этом более интенсивные вихри имели четкую радиальную форму, а менее интенсивные были подвержены деформации и вытянуты вдоль линий тока.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №16-35-60072 мол а дк, а также в рамках государственного задания по теме №0827-2014-0011.

СРАВНЕНИЕ ПАРАМЕТРИЗАЦИЙ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТУРБУЛЕНТНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЦИРКУЛЯЦИИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Пузина О.С., Мизюк А.И.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
ruzina.oksana.ocean@yandex.ru*

Ключевые слова: Чёрное море, численное моделирование, NEMO, вертикальное турбулентное перемешивание.

В данной работе исследуется влияние различных параметризаций турбулентности на температуру в верхнем слое Черного моря при численном моделировании. Для это сравниваются результаты численных экспериментов за период 2005 – 2006 гг. Использовались модели Мелора – Ямады (М – Я) и $k - \varepsilon$. Так же варьировались такие параметры, как значение, ограничивающее масштаб турбулентности (предел Гальперина), и «фоновые» коэффициенты вертикальной турбулентной диффузии и вязкости. Расчёты проводились с использованием модельного комплекса NEMO. Для экспериментов применялась региональная конфигурация бассейнов Чёрного, Азовского и Мраморного морей с пространственным разрешением 9,4 км. По вертикали задаются 34 z-горизонтов с улучшенным разрешением в верхнем слое.

Начальные условия для расчетов были подготовлены на основе реанализов гидрофизических полей Центра морских прогнозов МГИ РАН (<http://mis.bsmfc.net/>) и службы мониторинга состояния морской среды Copernicus

(<http://marine.copernicus.eu/>). В качестве атмосферного воздействия были использованы данные реанализа ERA-Interim.

Результаты сравниваются с данными измерений с буёв-профиломеров «Арго», гидрологических съёмок и заякорённого профиломера «Аквалог».

Сопоставление результатов расчетов с данными наблюдений позволило выявить следующее. Летом в слое 0 – 30 м наблюдается наибольшее отклонение модельной температуры от измерений. Повышенные значения среднеквадратичного отклонения (СКО) наблюдаются в период лето – осень. Отметим, что в расчётах с использованием модели $k - \varepsilon$ значения СКО несколько меньше.

Качественно эволюция холодного промежуточного слоя (ХПС) в расчётах и по данным измерений совпадает. Можно видеть процессы зимнего выхолаживания, весенний прогрев, формирование сезонного термоклина. Наиболее близкое к наблюдаемому положение границ ХПС в результатах экспериментов воспроизводится в осенне-зимний период. При этом несколько ближе к данным измерений оказались поля температуры, полученные в расчётах с использованием параметризации $k - \varepsilon$.

Показано также значительное влияние «фоновых» коэффициентов вертикальной турбулентной диффузии и вязкости. При заниженных значениях предела Гальперина численная модель воспроизводит зимнее выхолаживание весьма неадекватно.

Таким образом, численные эксперименты позволили выбрать наиболее предпочтительные значения параметров для модели турбулентности $k - \varepsilon$.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 16-05-00264_A.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЫБОРА МОДЕЛИ ЦИРКУЛЯЦИИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ФИЗИЧЕСКОГО РЕАНАЛИЗА ПОЛЕЙ ЧЕРНОГО МОРЯ

Сухих Л.И., Дорофеев В.Л.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
viktor.dorofeev@mhi-ras.ru*

Ключевые слова: моделирование, ассимиляция данных, дистанционные измерения, Черное море.

В последнее время для мониторинга состояния морских систем активно применяются современные достижения в области математического моделирования и методов ассимиляции данных измерений. В частности, для изучения долговременных процессов используется ретроспективный анализ (реанализ), основанный на ассимиляции данных измерений в численной модели. Для Черного моря были выполнены несколько вариантов реанализа гидрофизических полей, использовавших разные модели циркуляции и различные наборы данных измерений и методы их ассимиляции. Так авторами была проведена работа по анализу изменчивости гидрофизических полей Черного моря за период с 1993 по 2015 гг. на основе ассимиляции спутниковых данных температуры поверхности моря и аномалий возвышений свободной поверхности в модели циркуляции. Сравнение с гидрологическими данными измерений показало, что полученные поля достаточно хорошо описывают реальную термогалинную структуру моря. Была также изучена чувствительность результатов реанализа к использовавшимся полям атмосферного воздействия.

В настоящей работе исследуется влияние выбора модели циркуляции на получаемые ретроспективные гидрофизические поля Черного моря. В последних публикациях по реанализу авторы в качестве основы использовали разработанную в Морском гидрофизическом институте модель циркуляции Черного моря. Пространственный шаг сетки модели составляет 4.8 км, что позволяет адекватно описывать синоптические процессы. Вертикальная дискретизация реализуется с помощью 35 расчетных горизонтов,

сгущающихся к морской поверхности. Вертикальная турбулентная диффузия и вязкость параметризуются с помощью коэффициентов, зависящих от глубины и времени. Зависимость от времени носит климатический характер, т. е. коэффициенты турбулентного обмена меняются внутри годового цикла.

В данной работе для параметризации процессов обмена в вертикальном направлении к упомянутой выше модели циркуляции добавлена турбулентная модель. Это модель квазиравновесной турбулентной энергии *QETE*, входящая в семейство моделей Меллора-Ямады, состоящая из двух уравнений эволюции турбулентной энергии и масштаба турбулентности. Так же, как и в предыдущем случае, в качестве граничных условий на свободной поверхности моря для уравнений модели циркуляции и турбулентной модели были выбраны параметры атмосферного воздействия, полученные по результатам атмосферного реанализа *ERA-Interim (ECMWF)*: приповерхностный ветер, потоки тепла и пресной воды, солнечная радиация. Кроме того, ассимилировались те же данные спутниковых измерений.

Полученный в работе набор гидрофизических полей Черного моря сравнивался с аналогичными полями, полученными по результатам предыдущего реанализа. В целом, температура воды в приповерхностном слое моря оказалась несколько выше, чем в предыдущей работе, а соленость – ниже. Положение летнего термоклина описывается более точно, что делает ошибку в расчетной температуре несколько ниже по сравнению с предыдущим случаем, что подтверждается сравнением с измеренными *in-situ* профилями температуры и солености. Картина циркуляции в верхнем слое Черного моря близка к той, которая получалась в реанализе на основе более простой модели. Это объясняется тем, что ассимилируются те же данные спутниковой альтиметрии, что во многом определяет получаемые течения. Однако интенсивность циркуляции в последнем случае несколько выше.

СЕКЦИЯ 2 «МОРСКИЕ РЕСУРСЫ, ИХ ОХРАНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ»

СВЯЗЬ ИЗМЕНЧИВОСТИ ОКЕАНИЧЕСКИХ И АТМОСФЕРНЫХ ПОТОКОВ ТЕПЛА В РАЙОНЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Башмачников И.Л.^{1,2}, Юрова А.Ю.^{1,2}, Весман А.В.^{2,3},
Бобылев Л.П.^{3,4}

¹СПбГУ, г. Санкт-Петербург, Россия

²ФОНД «НАНСЕН-ЦЕНТР», г. Санкт-Петербург, Россия

³ААНИИ, г. Санкт-Петербург, Россия

⁴NERSC, г. Берген, Норвегия

igorb1969@mail.ru

Ключевые слова: Баренцево море, океанические потоки тепла, атмосферные потоки тепла, изменчивость, модель МИТ, архив ARMOR3D

Полярные области являются наиболее чувствительными и динамичными компонентами глобальной климатической системы. Схожие по продолжительности межгодовые цикличности в изменении различных характеристик океана и атмосферы позволяют предположить наличие связанности океанических и атмосферных процессов в высоких широтах. В работе исследуется изменчивость и согласованность интенсивности потоков тепла в океане и в атмосфере в регионе Баренцева моря на характерных временных масштабах 1 – 10 лет. Проведено исследование сезонной и межгодовой изменчивости океанических адвективных потоков тепла (dQ_{oc}) и конвергенций атмосферных адвективных потоков тепла (dQ_{atm}) в районе Баренцева моря за период 1993 – 2012 гг. с использованием вихререзрывающей модели океана Массачусетского Института Технологий (МИТ) и данных реанализа ERA-Interim. Выполнено сравнение данных по изменчивости температуры, скоростей течений и океанических потоков тепла по результатам модели МИТ и по данным массива ARMOR3D.

ARMOR3D – это сравнительно новый глобальный продукт, основанный на наблюдениях за океаном, который представляет собой комбинацию между спутниковыми данными и in-situ измерениями. Результатом объединения спутниковых наблюдений и вертикальных полей термохалинных характеристик являются «синтетические» поля температуры, солёности и геострофических скоростей течений на стандартных горизонтах от 0 до 5500 метров с пространственным разрешением $1/4^\circ$ с 1993 года. ARMOR3D является частью проекта CMEMS через компонент GLO-OBS.

Для выделения скрытых периодичностей использованы вейвлет-анализ и анализ сингулярного спектра. В рядах dQ_{oc} и dQ_{atm} выделены сезонная, 2 – 4-летняя и 5 – 8-летняя периодичности. Взаимный анализ dQ_{oc} и dQ_{atm} в районе Баренцева моря показал, что сезонная изменчивость dQ_{oc} и dQ_{atm} почти синфазна, а их межгодовая изменчивость – противофазна.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-17-01151).

ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДЫ РАСЧЁТОВ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭКОСИСТЕМ ДИСТАНЦИОННЫМ ЗОНДИРОВАНИЕМ В КОРОТКОВОЛНОВОМ ДИАПАЗОНЕ РАДИОВОЛН

Белов С.Ю.

МГУ, г. Москва, Россия

Belov_Sergej@Mail.Ru

Ключевые слова: дистанционное зондирование, рассеяние радиоволн поверхностью, методика измерения, КВ-диапазон.

В работе рассматривается задача дистанционной диагностики «шероховатой» земной поверхности и диэлектрических подповерхностных структур в коротковолновом диапазоне радиоволн. Предложен новый некогерентный метод оценки параметра сигнал/шум. Конкретизация осуществлена для ионосферного случая. Данный диапазон позволяет диагностировать и подповерх-

ностный слой земли, поскольку параметр рассеяния формируется также и неоднородностями диэлектрической проницаемости подповерхностных структур. Данным методом при организации мониторингового зондирования возможно выявлять области изменения этих сред, например, для оценки сейсмической опасности, опасных природных явлений, изменения экосистем, а также некоторых экстремальных событий техногенного характера. Также эти методики могут использоваться для развития системы мониторинга, контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также для оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций.

Идея метода определения этого параметра заключается в том, что, располагая синхронной информацией о волне, отражённой от ионосферы и о волне, отражённой от земли и ионосферы (или прошедшей ионосферу дважды при зондировании со спутника), возможно извлекать информацию о параметре рассеяния.

Для получения необходимых экспериментальных данных используется импульсный метод когерентного приёма. Этот метод позволяет регистрировать низкочастотные квадратурные составляющие ионосферного сигнала. По ним возможно определение огибающей и фазы, то есть функции модуляции сигнала. Для того чтобы применить аппаратуру когерентного приёма к исследованию кратных ионосферных отражений, необходимо было обеспечить возможность выделения и одновременной регистрации параметров, относящихся к сигналам разной кратности. В установке используется схема регистрации низкочастотных квадратурных компонент ионосферного сигнала. Модернизация обеспечила регистрацию на ЭВМ упомянутых параметров сигнала одновременно для сигналов различной кратности. Это достигнуто применением специальной многоканальной системы стробирования и регистрации. В работе представлена структурная схема установки со схемой регистрации и стробирования. Установка позволяет осуществлять одновременную регистрацию параметров кратных ионосферных отражений, причём даже с использованием ЭВМ с не очень высоким быстродействием за счёт применения оригинальных алгоритмов оптимизации: патент № RU.2016612172 от 19.02.2016 г.

В работе приведены графики поведения аналитических (относительных) погрешностей для рассматриваемых методик в диапазоне экспериментально наблюдаемых значений исследуемого параметра.

Заключение. В работе представлена разработанная и сконструированная автором экспериментальная аппаратура наземного измерительного комплекса установки когерентного зондирования рассеивающей способности земной поверхности в коротковолновом диапазоне радиоволн для оценки параметра сигнал/шум. Предложен новый некогерентный метод оценки параметра сигнал/шум. Выполнен сравнительный анализ и показано, что по аналитической (относительной) точности определения этого параметра новый метод на порядок превосходит широко используемый стандартный. Анализ аналитических погрешностей оценки этого параметра позволил рекомендовать новый метод вместо стандартного.

ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРИЕМНОЙ ЕМКОСТИ РАЙОНА РАЗМЕЩЕНИЯ АКВАКУЛЬТУРЫ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ

Васечкина Е.Ф.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
vasechkina.elena@gmail.com*

Ключевые слова: модель энергетического баланса, индивидуум-ориентированное моделирование, приемная емкость.

Культивирование двустворчатых имеет как положительные, так и отрицательные последствия для окружающей среды, что зависит от объема выращивания, гидродинамического режима акватории, особенностей природной экосистемы. Для решения вопроса о целесообразности размещения того или иного объекта марикультуры на выбранной акватории, менеджеру необходимо знать ее приемную емкость для конкретного состава культивируемых видов животных или растений. Выделяют физическую, продукционную, экологическую и социальную составляющие

приемной емкости акватории. Физическая емкость определяет максимальную площадь размещения конструкций фермы на заданной акватории. Продукционную приемную емкость определяют как теоретически возможный объем культивирования моллюсков при замыкании пищевой цепочки «фитопланктон – моллюски – нутриенты – фитопланктон».

Под экологической приемной емкостью понимают тот объем культивирования, при котором природная экосистема не претерпевает существенных изменений и остается устойчивой в долгосрочной перспективе благодаря способности морской среды к самоочищению. Понятно, что экологическая приемная емкость всегда меньше продукционной. При оценке социальной приемной емкости, как правило, еще больше сокращается допустимый объем развертывания марикультуры, поскольку принимаются во внимание конкурирующие виды социально-значимой экономической активности (рекреационные нужды, ландшафтный дизайн, рыболовство и т.п.). Уровень приемлемости отрицательных социальных последствий от развития аквакультуры существенно различается для разных стран, соответственно нет универсальных методов проведения оценок социальной приемной емкости. Таким образом, планирование размещения объектов марикультуры должно основываться на экологической приемной емкости с учетом возможных конкурирующих видов деятельности в этом районе.

Адекватную оценку экологической приемной емкости получают, анализируя имеющиеся данные контактных и дистанционных наблюдений за параметрами водной среды и результаты имитационного моделирования. Соответствующие математические модели разрабатываются с учетом всей доступной информации о гидродинамической циркуляции, интенсивности продукционно-деструкционных химико-биологических процессов, первичной продукции, скоростях минерализации органического вещества в пелагиали, придонном слое и донных осадках. Эти модели должны объединять в себе гидродинамический и гидрохимический блоки, взаимодействующие с субмоделью роста культивируемых моллюсков посредством вычисления потоков энергии и вещества.

Вычисление максимально допустимых объемов выращивания моллюсков осуществляется в ходе имитационных экспериментов при различных внешних условиях из интервала возможных значений.

Компьютерная имитация развития различных сценариев позволяет также выяснить реакцию модельной системы на воздействие неблагоприятных внешних условий для роста аквакультуры. Таким образом, математическое моделирование является важным инструментом планирования и оперативного управления объектами аквакультуры.

АТМОСФЕРНЫЕ ОТКЛИКИ НА ДВА ТИПА ЛА-НИНЬЯ И ИХ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Марчукова О.В., Воскресенская Е.Н., Лубков А.С.

*ИПТС, г. Севастополь, Россия
olesjath@mail.ru*

Ключевые слова: Ла-Нинья, классификация Ла-Нинья, глобальный климат, климатические отклики, давление, температура воздуха, Тихий океан, Эль-Ниньо – Южное Колебание

Ла-Нинья – это холодный эпизод феномена Эль-Ниньо – Южное Колебание, который, как правило, сопровождается экстремальным понижением поверхностной температуры воды, ростом индекса Южного Колебания и усилением Пассатных ветров в экваториальной зоне Тихого океана. Хотя события Ла-Нинья имеют общепринятое описание физического механизма, описанное выше, однако, в них самих есть и различия. Соответственно, эти различия в самих Ла-Нинья будут вызывать разные возмущения в атмосфере, как в её тропической части, так и за её пределами.

Впервые о глобальных последствиях холодного эпизода Эль-Ниньо – Южное Колебание было сказано еще в 1987 г., где было описано классическое влияние событий Ла-Нинья как на экваториальную зону, так и на внетропические регионы. В дальнейшем современными учеными было показано, что в зависимости

от типизации Ла-Нинья будут и различные климатические отклики в разных регионах Земли.

Цель данной работы – изучить проявления разных двух типов Ла-Нинья (Восточно-Тихоокеанского (ВТ) и Центрально-Тихоокеанского (ЦТ)) в климатических аномалиях северного и южного полушарий в период с 1900 по 2015 годы.

В качестве основных гидрометеорологических характеристик для изучения климатических откликов на события Ла-Нинья мы взяли: приземное давление, температуру воздуха и среднемесячные значения геопотенциала на изобарической поверхности 500 мб из реанализа XX (20th Century Reanalysis V2c) столетия с разрешением сетки 2 на 2.

Из всех массивов среднемесячных данных была исключена сезонная изменчивость, качество которой видно на спектре (все пики – полугодовые, годовые исчезли после нашей фильтрации).

Для анализа откликов был выбран метод анализа композитов с учетом статистической значимости.

Получены следующие результаты. При ЦТ Ла-Нинья усиливается Сибирский антициклон в январе. Северо-Атлантическое колебание (САК) имеет положительную фазу в декабре, январе, феврале и марте. В Арктическом районе наблюдается аномальное потепление в зимний период (до $+5^{\circ}\text{C}$) в связи с усилением циклонической деятельности в этом районе.

При ВТ типе Ла-Нинья индекс САК имеет отрицательную фазу. Алеутский минимум в зимний период ослабевает, при этом северо-западная часть Северной Америки сопровождается низкими аномалиями температуры воздуха (до -4°C) с декабря по март.

ЦТ тип намного ярче выражен в аномалиях приземного давления, нежели ВТ тип Ла-Нинья. Классическая теория влияния событий Ла-Нинья на экваториальную зону Тихого океана и ее внетропические районы для двух типов повторно подтверждена.

Работа выполнена в Федеральном государственном научном учреждении «Институте природно-технических систем» при частичной поддержке гранта РФФИ № 16-35-00186.

СРАВНЕНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМОРСКИХ РАЙОНОВ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА И АДРИАТИКИ

Гогоберидзе А.Г., Гогоберидзе Г.Г.

*Лицей № 179, г. Санкт-Петербург, Россия
andrewbgog@gmail.com*

Ключевые слова: приморские районы, рекреационные возможности, Финский залив, Адриатика.

С точки зрения рекреационных возможностей приморские районы трудно переоценить. В зависимости от береговой структуры, в приморской зоне есть большее или меньшее количество пляжей, которые являются основной рекреационной береговой единицей, объектом исследования. В данной работе рассматриваются пляжные территории восточной части Финского залива Балтийского моря и пляжи побережья Адриатического моря.

Основная характерная черта пляжных районов восточной части Финского залива, как и всей Балтики в целом – это пологий свал глубин. Во многих местах глубина 1 м наблюдается только в 100 м от уреза воды. Кроме того, большинство пляжей этого региона являются песчаными.

Пляжи Адриатики принципиально отличаются наличием достаточно резкого свала глубин, в большинстве случаев глубина 1 м достигается на расстоянии несколько метров от берега. Характер пляжей в основном галечный, и только местами можно найти песчаные пляжи. Валунные пляжи фактически отсутствуют.

Классификация пляжей осуществлялась по 6 основным характеристикам:

- 1 по степени защиты пляжа и берега, необходимости берегозащитных сооружений и их наличия;
- 2 по материалам, слагающим пляж (песок, гравий, галька, булыжник, валуны);
- 3 по ширине пляжевых полос, пригодных для рекреации;
- 4 по качеству и степени пригодности территории пляжевых полос и акватории для купания;

5 по санитарно-экологическому состоянию пляжа и прилегающей территории;

6 по обустройству, оборудованию и архитектурному оформлению пляжа.

Каждый параметр оценивается по 10-балльной системе, и по среднему значению показателей проводилась общая оценка пляжа и распределение в один из 5 классов, от высшего (средний балл 9 – 10), до 4 класса (средний балл менее 3).

На основе проведенных исследований были получены оценки рекреационных возможностей и качества пляжных территорий ключевых приморских районов восточной части Финского залива и северного и восточного районов побережья Адриатического моря.

ВЫЯВЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПУЗЫРЬКОВОГО ПЕРЕНОСА МЕТАНА ОТ ДОННЫХ ИСТОЧНИКОВ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Заговенкова А.Д, Архипкин В.С.

МГУ, г. Москва, Россия

zagovenkova.nastua@gmail.com

Ключевые слова: метан, перенос, эмиссия, моделирование, дистанционное зондирование, радиолокационные изображения.

Работа посвящена исследованию особенностей струйной эмиссии метана в морях России от донных источников посредством математического моделирования на основе уравнения состояния идеальных газов.

Изучено изменение характеристик пузырькового переноса метана по мере удаления от источника. При расчете учтена термохалинная структура вод Черного и Каспийского морей в разные сезоны года, а также учтены фоновые концентрации метана. Весь диапазон возможных значений начального радиуса был разбит на размерные классы. Для каждого размерного класса были проанализированы предельные глубины, с которых возможен пузырьковый вынос метана в атмосферу. Выявлены раз-

личные типы эволюции пузырьков при подъеме со значительных и малых начальных глубин. Проанализировано влияние гидростатического давления на увеличение диаметра и влияние диффузионного оттока на уменьшение диаметра по мере удаления от источника.

Для исследования проявлений струйных газовыделений на морской поверхности проанализированы радиолокационные изображения Sentinel-1A. Показана возможность обнаружения проявлений пузырькового переноса газа за счет абсорбции поверхностью пузырьков большого количества загрязнителей в процессе подъема. Выявлен набор дешифровочных признаков для однозначного определения данного процесса на РЛ-изображениях.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ НАД ЧЕРНЫМ МОРЕМ И ОЦЕНКА ИХ ВЛИЯНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Калинская Д.В., Папкина А.С.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
kalinskaya_d_v@mail.ru*

Ключевые слова: Атмосферный аэрозоль, AERONET, NYSPLIT, статистический анализ, аэрозольные частицы.

Актуальность исследований атмосферного аэрозоля обусловлена тем, что он является одним из важных факторов, влияющих на климат. Аэрозоли, газовые и загрязняющие компоненты, присутствующие в атмосфере, должны учитываться как в глобальном, так и в региональном масштабах.

Известным фактом является процентное соотношение суши и океана на Земле: суша – 30%, океан – 70%. Поскольку в настоящее время повышенное внимание уделяется проблеме антропогенного аэрозоля, следует отметить необходимость продолжения развития исследований природного аэрозоля, вклад которого в глобальное содержание аэрозоля составляет в среднем око-

ло 70%, причем главные доли в этом вкладе принадлежат морскому солевому и минеральному пылевому аэрозолям.

Продукты сгорания и аридные частицы относятся к категории «суша», следовательно, ожидаемое процентное распределение данных: «суша» – 70%, «вода» – 30%. При сильном отклонении от ожидаемого распределения может произойти дисбаланс аэрозольного соотношения и неправильный учет аэрозольной составляющей при проведении атмосферной коррекции спутниковых данных. Была получена статистика количества случаев переноса аэрозоля, образовавшегося над сушей и над водной поверхностью планеты. Анализ выполнялся по данным моделей AERONET и HYSPLIT для станции Sevastopol (44.615833°N, 33.517333°E).

Для суммарной оценки отклонения ожидаемого распределения аэрозольного соотношения к имеющемуся распределению по данным моделей AERONET и HYSPLIT в данной работе использовался критерий согласия Пирсона. Критерий согласия Пирсона (хи-квадрат) проверяет значимость расхождения эмпирических (наблюдаемых) и теоретических (ожидаемых) частот. Выбор хи-квадрата Пирсона в качестве оценки наблюдаемой статистики обусловлен тем, что данные по количеству случаев переноса аэрозоля удобно анализировать как частотное распределение. Данные моделей будут являться эмпирическими частотами. Анализ кривых распределения критерия согласия Пирсона для двух моделей показал, что кривая HYSPLIT менее устойчива. Чем величина хи-квадрата меньше, тем ближе данные к математическому ожиданию, следовательно, они более устойчивы. В данном случае данные AERONET показывают допустимое значение параметра Пирсона в отличие от HYSPLIT.

По данным анализа статистической обработки данных с учетом коэффициента Пирсона можно сделать вывод, что для региона Черного моря более корректно использовать данные обратных траекторий переносов атмосферного аэрозоля сети AERONET, а данные HYSPLIT лишь в случаях аномальных переносов, например, пылевого аэрозоля и горящей биомассы.

Различные токсикологические и физиологические влияния на организм свидетельствуют, что мелкие частицы аэрозолей играют наибольшую роль в обеспечении здоровья человека. Мел-

кие частицы преимущественно состоят из продуктов трансформации сульфатных и нитратных частиц, которые генерируются из первичных выбросов серы и азота, а также из органического аэрозоля с летучими органическими соединениями. Лица с хроническими сердечно-легочными заболеваниями, гриппом и астмой являются наиболее восприимчивыми к острому повышенному воздействию мелкой аэрозольной фракции. В данной работе приводится подробный анализ воздействия мелкой аэрозольной фракции на организм человека: на легкие, сердце, кровь, сосуды и мозг.

АНАЛИЗ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ ЗА ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД С 2017 ГОДА НАД ЧЕРНЫМ МОРЕМ ПОСРЕДСТВОМ ФОТОМЕТРА SPM

Калинская Д.В.¹, Кабанов Д.М.², Сакерин С.М.²,
Латушкин А.А.¹, Кудинов О.Б.¹

¹ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия

²ИОА СО РАН, г. Томск, Россия

kalinskaya_d_v@mail.ru

Ключевые слова: атмосферный аэрозоль, аэрозольная оптическая толщина (АОТ), параметр Ангстрема, AERONET

С 4.12.2015 по настоящее время (сентябрь 2017 года) на территории Морского гидрофизического института РАН и океанографической платформы, расположенной на территории ФГБУН «Черноморский гидрофизический полигон» (пгт. Кацивели), проводятся наблюдения за спектральной прозрачностью атмосферы над акваторией Черного моря с помощью фотометра SPM, что позволяет определить фоновые оптические характеристики для исследуемого периода над выбранным регионом.

Портативный солнечный фотометр SPM предназначен для измерений спектральной прозрачности атмосферы в экспедиционных и мобильных условиях. Данные измерений, полученные посредством SPM для дат с аномальными значениями основных

оптических характеристик атмосферы на станции Sevastopol сравнивались с данными черноморских станций международной сети AERONET. По сравнению с портативным фотометром Microtops II (<http://www.solar.com/sunphoto.htm>), имеющим те же 5 каналов как и фотометры Cimel сети AERONET, SPM имеет преимущество по диапазону спектра и числу измерительных каналов (12 фильтров вместо 5).

Результаты измерений в один и тот же период за 2016 и 2017 годы в экспедициях на океанографической платформе «Черноморский гидрофизический полигон» (пгт. Кацивели) показали отличие значений $\tau_{0,5}^a$ более, чем в 3 раза. Среднее за 2016 год значение за экспедиционный период с 24 по 31 мая $\tau_{0,5}^a = 0,28$, а за такой же экспедиционный период 2017 года $\tau_{0,5}^a = 0,078$. Это может быть обусловлено практически каждодневными осадками в период экспедиции, которые, как известно, вымывают как крупные, так и мелкие аэрозольные частицы уменьшая значение величин τ_{λ}^a .

Единственная закономерность, которая сохранилась как для данных 2016, так и 2017 года это повышение значений τ_{λ}^a за 31 мая 2016 года. В 2016 году за этот день был зафиксирован перенос пылевого аэрозоля, который был подтвержден данными обратных траекторий модели HYSPLIT. Были проанализированы обратные траектории перемещения воздушных масс, полученные при помощи модели HYSPLIT за 31.05.16 и 31.05.17, в результате которого сделан вывод, что за 31.05.2017 подтверждения переноса крупных частиц пылевого аэрозоля не было получено.

Заключение: За период исследований с 23.05.2017 по 1.06.2017 года были получены низкие значения аэрозольной оптической толщины, что обусловлено практически каждодневными осадками в период экспедиции, которые, как известно, вымывают как крупные, так и мелкие аэрозольные частицы уменьшая значение величин τ_{λ}^a .

Работа была выполнена с использованием данных международной сети AERONET, данные черноморских станций предоставили Giuseppe Zibordi и Sabina Stefan.

Работа выполнена при поддержке темы госзадания № 0827-2014-0011, комплексной программы фундаментальных исследований СО РАН (проект № IX.133-3).

МЕТОДИКА ПОИСКА ПЯТЕН НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ВОДАХ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Ломакин П.Д., Чепыженко А.И., Чепыженко А.А.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
annacher87@yandex.ru*

Ключевые слова: Азово-Черноморский регион, гидролого-биофизический зонд «Кондор», оперативное обнаружение пятен нефтяного загрязнения вод в зондирующем режиме.

Основными загрязнителями Черного моря, в частности акваторий заливов и бухт, активно используемых в хозяйственной деятельности, являются нефтепродукты (НП). Доминирующими источниками поступления НП в морскую среду являются речной сток, сбросы сточных вод муниципальных станций очистки и промышленных объектов, диффузные поступления. Иные источники (атмосферные выпадения, потери НП при транспортировке и перегрузке) характеризуются незначительным вкладом. Нахождение НП в различных состояниях (пленочном, эмульсионном, растворенном и осажденном) с учетом их трансформации и деградации с момента попадания в водную среду, при котором изменяется не только состояние нахождения НП в водной среде, но и их оптические свойства, затрудняет их определение. Традиционные методы, основанные на отборе проб с последующим определением концентраций, трудоемки и затратны. Оперативные методы определения НП в водной среде основаны на оптических (спектрофотометрических и флюоресцентных) принципах измерения вариации свойств воды при содержании в ней НП (главным образом растворенных). Определение пленочных НП малоинформативно вследствие их высоких миграционных свойств и зависимости от метеорологических условий.

Определение эмульсионных составляющих (эмульсии «нефть в воде» и «вода в нефти») выполняется при очень благоприятных условиях традиционными методами. Растворенные НП являются наиболее информативной составляющей, характеризующейся устойчивым нахождением в местах поступления и дальнейшего распространения, обусловленных существующей в акватории системой течения. В связи с высокой зависимостью спектров флюоресценции НП от фракционного состава и времени их нахождения в воде, авторами выбран спектрофотометрический подход оценки НП, обеспечивающий интегральность оценки концентрации НП (ИНП) и флюоресцентный – при оценке полициклических ароматических НП (ПАУ), как наиболее токсичных для водной экосистемы. Выполненные сравнения данных ИНП с прямым ИК методом показали хорошую сходимость ($R^2 = 0,78$) при чувствительности 0.01 мкг/л. К недостаткам метода следует отнести региональную зависимость, измерение лишь растворенной части НПА и не учет адсорбированных НП на взвеси, которые учитываются прямым методом (экстрагированием растворителем четыреххлористым углеродом). Метод оценки полициклических ароматических НП (ПАУ, polycyclic aromatic hydrocarbons) стандартен и основан на измерении флюоресценции в УФ области спектра.

Измерительные каналы интегральных НП и ПАУ включены наряду с основными гидро-биофизическими параметрами среды (СТД, ОВВ, CDOM-fDOM) в состав комплекса КОНДОР, широко применяемого МГИ при исследовании загрязнения вод Азово-Черноморского побережья. Методика картирования нефтяного загрязнения с возможностью локализации источников и путей распространения НП апробирована на акваториях Севастопольской бухты и Керченского пролива и предполагает выполнение с борта маломерного судна серии зондирований по сетке станций, охватывающей предположительный или регистрируемый визуально участок загрязнения. Возможность комплекса в режиме *in-situ* и реального времени отслеживать вертикальное и горизонтальное распределение НП дает возможность локализовать источник загрязнения, картировать распределение НП с заданной дискретностью, получая информацию о наблюдаемых на поверхности моря и расположенных в толще вод «застаре-

лых», не имеющих визуальных признаков на поверхности пятнах нефтяного загрязнения.

ПОЛЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ОБЩЕГО ВЗВЕШЕННОГО ВЕЩЕСТВА В ВОДАХ КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА НА БАЗЕ ОПТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Ломакин П.Д., Чепыженко А.И., Чепыженко А.А.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
annacher87@yandex.ru*

Ключевые слова: Керченский пролив, общее взвешенное вещество, антропогенные источники загрязнения вод, Азовское море, Черное море, фронтальный раздел.

На основе анализа данных серии экспедиций (2001 – 2014 гг.) выявлены источники и основные признаки структуры поля содержания общего взвешенного вещества в водах Керченского пролива.

Показано, что основные антропогенные источники общего взвешенного вещества связаны с функционированием расположенных на берегу пролива и в Азовском море портов, промышленных предприятий, с коллекторами сточных вод, грузовыми терминалами, площадками рейдовой перевалки грузов, грунтовыми свалками.

Источники загрязнения деформируют структуру природного поля концентрации общего взвешенного вещества. На участках, подверженных антропогенному воздействию, в поле рассматриваемого элемента формируются линзы с максимальным содержанием общего взвешенного вещества, 4.5 – 36.4 мг/л, для которых также свойственна высокая концентрация растворенного органического вещества. Их характерный горизонтальный и вертикальный масштабы оцениваются соответственно – от сотен метров до нескольких километров и около 1 – 3 м.

В Керченском проливе в поле концентрации общего взвешенного вещества обнаружен фронтальный раздел, который совпадает с основным термохалинным фронтом, разграничива-

ющим взаимодействующие в проливе азовоморские и черноморские воды. В зависимости от степени загрязнения вод пролива, которое, практически, не сказывается в термохалинном поле, фронтальный раздел в поле содержания общего взвешенного вещества не всегда достаточно выражен, Он изменяет форму, сдвигается относительно термохалинного фронта, иногда меняет знак горизонтального градиента.

Проникающие в пролив воды Азовского и Черного морей кроме известных термохалинных признаков имеют собственную концентрацию общего взвешенного вещества. В незагрязненных азовоморских водах наиболее часто встречаемая концентрация этого элемента равна 2.4 мг/л и 0.8 мг/л – в незагрязненных водах черноморского происхождения.

Выявлено, что взаимодействующие в проливе воды имеют качественно различные признаки вертикальной стратификации поля концентрации ОБВ. Воды Азовского моря, не подверженные антропогенному воздействию, отличаются немонотонным профилем концентрации общего взвешенного вещества. Потоки взвешенного вещества из Азовского моря содержат насыщенные взвесью линзы, которые чередуются с линзами вод с низким содержанием общего взвешенного вещества. Незагрязненные воды Черного моря однородны по вертикали. Концентрация взвеси здесь – незначительно возрастающая функция глубины, которая скачкообразно увеличивается в тонком придонном слое.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ПОЛЕЙ СПЛОЧЕННОСТИ МОРСКОГО ЛЬДА В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

Михайлова Н.В., Юровский А.В.

ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
Nataly.Mikhailova@mail.ru

Ключевые слова: Баренцево море, сплоченность морского льда, анализ главных компонент, атмосферные характеристики.

В работе по данным пассивного микроволнового зондирования морского ледового покрова Арктики (*National Snow and Ice Data Center*, 1978 – 2016) выполнено разложение полей сплоченности морского льда Баренцева моря методом главных компонент. Было выделено три главных компонента. Первая главная компонента описывает 65,4% суммарной дисперсии сплоченности морского льда и характеризует многолетний тренд. Вторая главная компонента (10,8%) связана с синхронным изменением адвекции тепла с течениями на юго-востоке и северо-западе Баренцева моря. Третья главная компонента (7,8%) сопряжена с изменчивостью суммарного потока тепла из океана в атмосферу в области границы кромки льда на севере Баренцева моря.

Также рассматриваются особенности процессов взаимодействия в системе океан – морской лед – атмосфера, которые влияют на многолетнюю динамику ледового покрова Баренцева моря. Наряду с температурой воздуха, которая регулирует процессы местного льдообразования, важную роль играет ветер. На севере Баренцева моря изменчивость сплоченности морского льда на 42% обусловлена изменчивостью меридиональной составляющей скорости ветра, а на юго-востоке моря – на 37% изменчивостью зональной составляющей скорости ветра. Показано, что после 2005 г. произошли существенные изменения в циркуляции атмосферы над Баренцевым морем.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВЕТРА НАД АЗОВСКИМ МОРЕМ В 2006 – 2015 гг.

Петренко Л.А.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
larcpetr@gmail.com*

Ключевые слова: Азовское море, данные береговых метеостанций, повторяемость ветра, изменчивость скорости ветра.

Для анализа изменчивости ветра в регионе Азовского моря были использованы данные срочных наблюдений береговых ГМС за десятилетний период с 2006 по 2015 год в пунктах Мариуполь, Геническ, Приморско-Ахтарск, Мысовое. Рассмотрены режимные характеристики ветра на различных временных масштабах.

В среднем за рассматриваемый период в регионе преобладали ветра восточного направления с положительным трендом среднегодовых значений повторяемости. Наиболее редко наблюдались ветра южного направления.

Из десятилетнего ряда выделяется 2006 г. иной картиной действующих ветров. 2011 г. характеризуется пониженной повторяемостью восточных ветров на фоне активизации ветров северо-западного направления. С 2014 г. вновь отмечено резкое увеличение количества случаев с восточным ветром.

За период 2006 – 2015 гг. средние значения скорости ветра составили: в Геническе – 3,6 м/с, Мариуполе – 4,6 м/с; Приморско-Ахтарске – 2,5 м/с, Мысовом – 5,3 м/с. При этом зарегистрированы отдельные порывы ветра до 43 м/с.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2015-0001 «Фундаментальные исследования процессов в системе океан – атмосфера – литосфера, определяющих пространственно-временную изменчивость природной среды и климата глобального и регионального масштабов» (шифр «Климат»).

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И КРУПНОМАСШТАБНЫХ ФРОНТОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ ПО ДАННЫМ РЕАНАЛИЗА OI SST

Федирко А.В., Артамонов Ю.В., Скрипалева Е.А.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
vault102@gmail.com*

Ключевые слова: Баренцево моря, температура поверхности океана, сезонная изменчивость, среднеквадратическое отклонение, амплитудно-фазовые характеристики, температурный фронт, горизонтальный градиент.

На основе данных реанализа NOAA OI SST с 1982 по 2015 гг., содержащего среднемесячные значения температуры поверхности океана (ТПО) в узлах одноградусной сетки, проанализированы региональные особенности климатической сезонной изменчивости поля ТПО и температурных фронтов в Баренцевом море. Для оценки сезонной изменчивости ТПО рассчитывались ее внутригодовые среднеквадратические отклонения (СКО) и амплитудно-фазовые характеристики, определялась значимость годовой ($A_{\text{год}}$) и полугодовой ($A_{\text{полгод}}$) гармоник. Положение фронтов определялось по максимумам полного горизонтального градиента ТПО на его пространственных распределениях и по экстремумам меридиональных (МГТ) и зональных (ЗГТ) градиентов на меридиональных и зональных профилях.

Показано, что пространственные распределения СКО и $A_{\text{год}}$ качественно одинаково отражают региональные особенности интенсивности годового сигнала, что подтверждает доминирующий вклад годовой гармоники в общую внутригодовую изменчивость ТПО. На всей акватории моря внутригодовые вариации наиболее четко прослеживаются южнее 75° с.ш. Высокий уровень сезонной изменчивости (СКО $\sim 2.4 - 3.4^{\circ}\text{C}$, $A_{\text{год}} \sim 3.4 - 4.6^{\circ}\text{C}$) наблюдается над обширным шельфом в юго-восточной части Баренцева моря, максимумы СКО (3.6°C) и $A_{\text{год}}$ (4.8°C) выявлены в Белом море. Значимая полугодовая периодичность ($A_{\text{полгод}} \sim 0.8^{\circ}\text{C}$) обнаружена в центральной части моря. Основной максимум ТПО наступает в августе-сентябре.

По распределению полного горизонтального градиента ТПО были выделены основные фронтальные зоны Баренцева моря: Арктическая, Полярная и Прибрежная фронтальные зоны. Максимумы градиентов ТПО внутри этих зон соответствовали Арктическому (АФ), Полярному (ПФ) и Прибрежному (ПрФ) фронтам. Установлено, что структура и интенсивность фронтов в течение года существенно изменяется.

Арктический фронт прослеживается в теплое время года (с июня – июля по ноябрь) и располагается между Шпицбергенем и Землей Франца-Иосифа. Фронт наиболее развит в августе.

Полярный фронт на западной границе моря наиболее развит в феврале, между 20° и 25° в.д. – в июле. В центральной части моря ($30 - 45^{\circ}$ в.д.) ПФ усиливается в июле-августе, в восточной ($50 - 55^{\circ}$ в.д.) – в ноябре – декабре.

В центральной части моря между 30° и 45° в.д. выявлена бимодальная структура ПФ. Основная ветвь ПФ прослеживается в течение всего года, с июля она заметно смещается на юг и ослабевает («текущий» сезонный цикл). Следы этой ветви, как остатки «предшествующего» сезонного цикла, обнаруживаются несколько южнее основной ветви в январе-феврале. К северу от основной ветви, начиная с июля, формируется другая ветвь ПФ, интенсивность которой несколько выше. Эта ветвь к концу года также смещается на юг («новый» сезонный цикл). Таким образом, в центральной части моря в начале года можно проследить одновременно ветви ПФ «текущего» и «предшествующего» сезонного цикла, а во вторую – «текущего» сезонного цикла и вновь формирующегося.

Прибрежный фронт наиболее четко прослеживается над обширным шельфом между Кольским полуостровом и Новой Землей. В течение года во фронте происходит смена знака максимальных меридиональных градиентов в зависимости от прогрева и выхолаживания прибрежных вод. ПрФ характеризуется отрицательными значениями МГТ с декабря по май с максимальным развитием в феврале-апреле, когда прибрежные воды максимально охлаждены, и максимальными положительными МГТ в июле-сентябре, когда прибрежные воды наиболее прогреты.

СЕКЦИЯ 3 «ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МИНЕРАЛЬНОЙ ВЗВЕСИ, ОСНОВАННЫЕ НА ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ВОДНОЙ СРЕДЫ

Антоненков Д.А.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
dmitry_science@mail.ru*

Ключевые слова: технические средства, приборы, концентрация взвеси, размерный состав, обработка фотоизображений, транспорт наносов.

В настоящее время получение систематизированных данных о характеристиках переноса донного материала и связанных с ним изменениях береговой линии и рельефа дна, является важной и актуальной задачей. Одними из основных характеристик водной среды, во многом определяющими потоки наносов, являются концентрация и размерный состав взвешенного в воде вещества и их вертикальные распределения (профили).

Основной задачей при проведении измерений является определение именно мгновенных значений концентрации и размерного состава взвеси в ряде точек на разных горизонтах.

Для реализации данной задачи был разработан метод определения параметров взвешенного в морской воде вещества, основанный на программной обработке и анализе фотоизображений взвеси, полученных с помощью специализированного фоторегистратора.

Сущность разработанного метода заключается в получении «мгновенных» фотоизображений (время экспозиции кадра порядка 4 мкс) тонкого слоя воды с частицами взвеси, непосредственно примыкающего к иллюминатору («переднего плана»), используя созданный фоторегистратор. Далее, с помощью обработки полученных снимков при помощи написанного про-

граммного обеспечения, определяются концентрация и размерный состав взвеси.

Для апробации метода был сконструирован испытательный стенд, позволяющий создать поле взвеси с неким вертикальным распределением её концентрации и получить серии экспериментальных фотоизображений среды.

Выполненная проверка работоспособности методики путем сравнения данных, полученных с помощью разработанного метода, с данными, полученными стандартными, аттестованными методами ситового просеивания и взвешивания показала достаточно высокое совпадение результатов.

Таким образом, разработанный метод позволяет получить данные о размерном составе частиц в диапазоне 50 – 1000 мкм, а также определить концентрацию взвеси с погрешностью ~ 12%. Данный метод может быть технически реализован для приборов, предназначенных для проведения измерений *in situ*, при использовании специализированных технических средств, позволяющих получать короткие значения времени экспозиции, например, использующих электронно-оптический преобразователь, действующий как усилитель яркости (*image intensifier*) и быстродействующий электронный затвор.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СЛОЕВ НА СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ЧЕРНОГО МОРЯ)

Гуров К.И., Суслин В.В.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
gurovki@gmail.com*

Ключевые слова: глубоководная часть Чёрного моря, моделирование, оптически активные слои, восходящее излучение, спутниковые сканеры цвета, квазиоднородный слой.

Начиная с конца 90-х годов наблюдение океана в видимом диапазоне с помощью оптических сканеров цвета перестало быть фрагментарным и продукты, полученные при обработке

измерений сканеров цвета (SeaWiFS, MERIS, MODIS, VIIRS), теперь широко используются в экологических моделях разного уровня. Однако получение новых продуктов и повышение качества старых зависит от точности восстановления спектрального состава излучения, выходящего из-под поверхности воды, т. е. коэффициента яркости моря (R_{RS}) или, с точностью до солнечной постоянной, нормализованной яркости света (L_{wn}).

В Черном море существует ряд явлений, имеющих ярко выраженный вертикальный профиль, который может оказывать влияние на точность восстановления R_{RS} (или L_{wn}).

Цель нашей работы – смоделировать оптически активный слой и дать оценку его влияния на спектральные характеристики R_{RS} (или L_{wn}). Исследованы величины отношения L_{wn} для разных спектральных каналов спутниковых сканеров цвета и ее изменчивость в зависимости от величины альбедо и глубины залегания оптически активного слоя на примере Черного моря.

В данной работе для расчёта переноса излучения одновременно во всех трёх средах был выбран американский программный продукт COART (Coupled Ocean and Atmosphere Radiative Transfer).

Оптические свойства атмосферы, состояние поверхности моря, набор первичных гидрооптических характеристик столба воды между поверхностью и дном выбирались близкими к характерным в Чёрном море.

Для вычисления спектрального состава излучения, выходящего из-под поверхности воды была использована опция расчёта «Water-leaving radiance», L_w . Спектр L_w рассчитывался с шагом 1 нм, что позволяло сформировать спектр излучения для конкретных характеристик спектральных каналов цветовых сканеров SeaWiFS (с центрами длин волн 490, 510 и 555 нм и с полушириной каждого 20 нм) и MODIS (с центрами длин волн 488, 531 и 547 нм и с полушириной каждого 8 нм).

Блок для атмосферы включал в себя модель атмосферы (Mid-Latitude Summer), тип профиля аэрозоля (MODTRAN Maritime), и аэрозольную оптическую толщину на длине волны 500 нм (AOT (500)), которая составила 0,2. Морская поверхность считалась невозмущенной. Модельные эксперименты были выпол-

нены для альбеда дна равного $\alpha = 0, 0,5$ и 1 для глубин $z = 1, 3, 5, 7, 10, 30, 50, 70, 100, 150$ м.

Значение концентрации хлорофилла-а (C_a) составило 0.2 мг м^{-3} , а величина показателя поглощения растворенным веществом ($a_{\text{DOM}}(440)$) равнялась 0.2 м^{-1} .

Наблюдения проводились в надир. Зенитный угол Солнца был равен 20° . Для рассматриваемой нами геометрии вычислений предполагалось выполнение следующего равенства: $L_w(\lambda_1):L_w(\lambda_2) = L_{\text{wn}}(\lambda_1):L_{\text{wn}}(\lambda_2)$.

При интерпретации результатов проводилось сравнение реально наблюдаемого явления интенсивного цветения кокколитофорид в Чёрном море с результатами численных экспериментов в двумерном пространстве отношений $\{I_2=L_{\text{wn}}(555):L_{\text{wn}}(510), I_1=L_{\text{wn}}(510):L_{\text{wn}}(490)\}$ для SeaWiFS и $\{I_2=L_{\text{wn}}(547):L_{\text{wn}}(531), I_1=L_{\text{wn}}(531):L_{\text{wn}}(488)\}$ для MODIS. В работе использовались ежедневные спутниковые данные второго уровня, полученные с помощью цветковых сканеров SeaWiFS и MODIS-Terra в начале лета 2000 года в глубоководной части Чёрного моря.

Численные эксперименты для спектральных каналов SeaWiFS и MODIS для всех трёх значений альбеда показали, что для глубин более 30 м влиянием оптически активного слоя на восстановление концентрации хлорофилла-а и показателя поглощения неживым органическим веществом можно пренебречь.

Показано, что наибольшая изменчивость полученных значений от глубины наблюдается для отношения I_1 . Используя тот факт, что изменчивость I_1 от глубины (в интервале $0 < z < 12$ м) слабо зависит от α и имеет вид линейной функции на основе полученных результатов для спектральных каналов MODIS нам удалось рассчитать глубины залегания оптически активного слоя.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2014-0011 «Исследования закономерностей изменений состояния морской среды на основе оперативных наблюдений и данных системы диагноза, прогноза и реанализа состояния морских акваторий», а также частично при поддержке РФФИ, грант № 17-05-00113.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЛОГЛУБИННОЙ ГЕОФИЗИКИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ЮГО-ЗАПАДНОГО КРЫМА

Игнатов Е.И.¹, Загоскин А.Л.², Новиков А.А.²

¹*МГУ, г. Москва, Россия*

²*Филиал МГУ в г. Севастополе, г. Севастополь, Россия*

Ключевые слова: георадарное зондирование.

Актуальность работы: На сегодняшний день использование малоглубинной геофизики с применением георадарного зондирования позволяет получить разнообразную информацию о подстилающей поверхности изучаемой территории, проводить исследования по определению мощности осадочного чехла, глубины залегания коренных пород, определение археологических объектов, определение трещиноватости и многое другое. Основным отличием от других методов является то, что метод георадиолокации не требует бурения и раскопок.

Данные георадара используются в экологии для обнаружения захоронения экологически вредных отходов, неразрушающего картирования зарытых емкостей, скрытых траншей, границ загрязненных почв, мест протечек; в геологии для поиска в грунте полостей искусственного и естественного происхождения (карстовые полости, пустоты), построения геологических разрезов, определения положения уровня грунтовых вод; в археологии – неразрушающее обследование археологических объектов, поиск и уточнение мест расположения объектов для проведения раскопок. Непосредственно в этих исследованиях георадар был задействован в целях поиска археологических объектов, местонахождения погребённых объектов, определения мощности чехла рыхлых отложений на пляжах, а главное для выявления элементов трещиноватости на оползневых склонах с последующем прогнозированием развития обвально-оползневых процессов в прибрежной зоне юго-западного Крыма.

Все работы по изучению и картированию объектов проводились на основе метода георадиолокации с применением радио-

локационного прибора подповерхностного зондирования (георадар ОКО-М1), а также при оценке развития обвально-оползневых процессов был задействован прибор-индикатор естественных импульсов электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ). Профилирование этим методом проводилось только в наиболее динамично развивающихся участках побережья, и призвано было подтвердить данные георадарной съемки в этих местах.

Работы проводились совместно с Морским гидрофизическим институтом г. Севастополя, Управлением Экологии и природных ресурсов г. Севастополя и с Институтом «Крымгеология» г. Симферополя.

О КРУПНОМАСШТАБНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ КЛИМАТА В СРЕДНИХ ШИРОТАХ (РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ *AQUA/TERRA* ДЛЯ РАЙОНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ)

Кузьмичёва Т.Ф.

ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
yanart01.81@yandex.ru

Ключевые слова: Аральское море, лёд, спутники *AQUA/TERRA*, сканер *MODIS*.

В настоящей работе анализируются снимки Аральского моря, полученные в 2008 – 2016 гг. со спутников *AQUA/TERRA* сканером *MODIS* (Moderate Resolution Imaging Spectro-radiometer – сканирующий спектрорадиометр среднего разрешения). Отслеживается момент первого появления льда и момент, когда лёд полностью растаял, для каждого из этих лет. Строятся таблицы, которые сравниваются с таблицами, полученными в условно-естественный период (до 1960-го года, 50 лет назад). Делаются следующие выводы:

1) ранняя, средняя и поздняя даты первого появления льда в заливе Сары-Чеганак (Северный Арал) в условно-естественный период (1940 – 60 гг., 50 лет назад) хорошо совпадают с ранней,

средней и поздней датами первого появления льда в современный период (2008 – 2017 гг.);

2) ранняя, средняя и поздняя даты полного освобождения ото льда в условно-естественный период хорошо совпадают с ранней, средней и поздней датами полного освобождения ото льда в современный период (2008 – 2017 гг.).

ОБ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВОДНОГО ЗЕРКАЛА ВОСТОЧНОГО АРАЛА В ТРЕТИЙ ПЕРИОД ВЫСЫХАНИЯ (2008 – 2017 гг.)

Кузьмичёва Т.Ф.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
yanart01.81@yandex.ru*

Ключевые слова: Восточный Арал, заполнение водой с юга, водное зеркало, спутники *AQUA/TERRA*, сканер *MODIS*.

В 2010 году исполнилось 50 лет с начала так называемого периода высыхания и осолонения Аральского моря. Во времена СССР Арал был одним из наиболее изученных морей. Регулярно выполнялись научные рейсы исследовательских судов, велись непрерывные гидрометеорологические измерения на прибрежных и островных метеостанциях, проводились авиаразведки ледового режима. К сожалению, в начале 1990-х гг. деятельность по исследованию Аральского моря была почти полностью свёрнута в связи с известными политическими и экономическими реалиями тех лет. В целом объём данных о текущем состоянии Аральского моря в 1990-е гг. сократился почти так же катастрофически, как и само море.

По мнению Завьялова П.О. [Завьялов П.О. и др. Большое Аральское море в начале XXI века: физика, биология, химия. – М.: Наука, 2012. – 229 с.] полный период высыхания (1960-е годы – 2011 гг.) можно разделить на три периода. Первый, включающий около 3-х десятилетий (1960 – поздние 1980-е годы), может быть назван «ранним периодом высыхания». Он характеризуется постепенным накоплением, относительно слабым и

однородным, довольно линейных изменений физических свойств воды со временем.

В начале 1990-х гг. произошёл быстрый переход к качественно новому, второму этапу высыхания. Продолжающиеся обмеление и осолонение моря пересекли некоторую критическую черту. Аральское море стало качественно другим. И этот этап, к сожалению, практически совсем не задокументирован.

Наконец, к концу первого десятилетия 21-го века, по мнению Завьялова П.О., начался новый, третий этап высыхания.

Целью данной работы является изучение состояния Аральского моря на современном, третьем этапе, через 50 лет после начала высыхания. В работе анализируются снимки, полученные в 2008 – 2017 годах со спутников *AQUA/TERRA* сканером *MODIS*. Делаются выводы об изменчивости водного зеркала Восточного Арала в этот период.

Долгое время считалось, что, после того как южная граница Аральского моря ушла на несколько сотен километров от устья Амударьи к северу, воды Амударьи больше не могут наполнять Восточный Арал. На юге Восточного Арала в результате высыхания образовался полуостров, который является как бы продолжением ветланда Джилтыр-Бас-2 и клином вдаётся в воды Восточного Арала. У основания этого клина, в точке с координатами приблизительно $\approx 44^{\circ} 11'$ с.ш., $59^{\circ} 40'$ в.д., время от времени появляется водоём (озеро), который впервые был замечен автором 22.09.2009 года. У водоёма есть подземный источник, который в 2010, 2012, 2015 гг. заполнил с юга весь Восточный Арал.

В 2017 г. этот водоём (озеро) появился 14.05.17. К 15.06.17 воды этого озера, стекая по изобатам вниз на север, достигли и объединились с водами Восточного Арала, находящимися на севере (приблизительно в районе 44.82° с.ш.). За 32 дня воды прошли расстояние приблизительно в 77.7 км, т.е. двигались на север приблизительно со скоростью 0.1 км/ч. Если в 2014 г. восточная часть бывшего Аральского моря высохла полностью, то к 30.06.17 г. воды в ней практически столько же, сколько в самом полноводном за последние 10 лет 2010 году.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2014-0011 «Исследования закономерностей измене-

ний состояния морской среды на основе оперативных наблюдений и данных системы диагноза, прогноза и реанализа состояния морских акваторий».

РЕЖИМ ОСАДКОВ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ МОРЯ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

Майборода С.А.¹, Метик-Дионова В.В.¹, Симонова Ю.В.¹,
Казаков С.И.¹, Корсаков П.Б.²

¹ЧГП РАН, пгт. Кацивели, Россия

²ФГБУ «Крымское УГМС», г. Ялта, Россия
sergey.mayboroda.72@mail.ru

Ключевые слова: атмосферные осадки, интенсивность, суммы осадков, циклон, сель, натурные данные, мониторинг, тренды, межгодовая и внутригодовая изменчивость, экстремальные значения.

Наблюдение за атмосферными осадками важно, так как пгт. Кацивели и окрестности находятся на интенсивно расчлененном эрозионно-оползневом склоне. Активизация процессов оползнеобразования на склонах непосредственно связана с интенсивностью атмосферных осадков. Формы рельефа изменяются под воздействием активных оползней, возможны селевые потоки, высока сейсмическая опасность. Осадки играют значительную роль в водном балансе Черного моря и являются одним из важных факторов, влияющих на гидрологическую и гидрохимическую структуру вод моря.

Регулярное измерение атмосферных осадков в пгт. Кацивели производятся с 1984 года. В работе рассмотрены временные ряды месячных сумм осадков за период с 1984 по 2016 гг. Исследована межгодовая изменчивость атмосферных осадков, количества дней с осадками, а также их интенсивность и процентное соотношение годовых сумм атмосферных осадков. Исследована сезонная периодичность максимальных атмосферных осадков ≥ 30 мм в сутки, количество случаев, превышающих среднемесячные значения. Выявлены экстремальные максимальные и

минимальные значения атмосферных осадков в пгт. Кацивели за исследуемый период с 1984 – 2016 гг. Изучена изменчивость годовых аномалий осадков и их квадратичный тренд. Исследована зависимость количества атмосферных осадков на южном берегу Крыма от разных фаз североатлантического колебания, определяющих траекторию прохождения атлантических циклонов. Выявлены региональные климатические условия на стыке море – гористый берег, способствующие выпадению обильных атмосферных осадков в зимний период.

Наибольшее количество выпадения осадков отмечается в начале и конце года в осенне-зимний период, наименьшее значение – в летний период. Суммы осадков находятся в прямой зависимости от количества дней с осадками и мало зависят от их интенсивности.

Среднее многолетнее количество осадков в пгт. Кацивели с 1984 по 2016 г. составляет 516,6 мм, среднемесячные многолетние значения составляют 43 мм, минимум был зарегистрирован в 1993 г. – 280,2 мм, максимум в 1997 г. – 817,6 мм. Максимальное количество осадков за сутки – 69,7 мм, выпало 27 октября 2007 г. Всего за весь период наблюдений был зарегистрирован 51 случай выпадения экстремальных атмосферных осадков более 30 мм в сутки. Среднее количество дней с атмосферными осадками в году – 83,6 дня. Максимальное количество дней с осадками за год наблюдалось в 1995 г. – 110 дней, минимальное за год – в 1984 г. и составило 48 дней.

За исследуемый период отмечена тенденция роста количества осадков до конца 90-х годов XX века и уменьшения их в последующие годы. Периодичность максимальных годовых осадков ~ 5 лет. Максимум атмосферных осадков выпадает в холодный период. Количество случаев, превышающих среднемесячные значения составило в тёплый период (май-октябрь) – 55, в холодный (ноябрь-апрель) – 102 случая. Экстремальные осадки более 30 мм наблюдаются в основном в тёплый период. Из 51 случая выпадения атмосферных осадков более 30 мм в сутки, наиболее часто очень сильные дожди наблюдались в летние периоды (май – октябрь) – 33 случая, в холодные периоды (ноябрь – апрель) – 18 случаев.

Работа выполнена в рамках госзадания №0835-2015-0002

АНОМАЛИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ НА ГИДРОФИЗИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ (ЮБК)

Метик-Диунова В.В., Симонова Ю.В., Майборода С.А.

*ЧГП РАН, пгт. Кацивели, Россия
margodiu1@rambler.ru.*

Ключевые слова: температура моря, распределение аномалий, статистические данные, климатический период, осредненные значения, апвеллинг.

На основании архивных данных, полученных в Черноморском гидрофизическом полигоне (ЧГП РАН), расположенном на южном берегу Крыма, п. Кацивели, проведен анализ аномалий температуры моря (АТВ).

Сопоставлены среднемноголетние данные по температуре морской воды за период 1931 – 2016 гг. со среднегодовыми значениями последних пяти лет указанного периода. Исследованы данные среднемесячных значений для климатического периода 1982 – 2011 гг. и среднемесячных значений 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 гг. Рассмотрено распределение среднесуточных аномалий по годам и по месяцам. Проанализирован климатический годовой цикл среднеквадратических отклонений среднесуточных значений температуры воды от среднего многолетнего значения за период 1931 – 2016 гг. Показано, что повышенные среднеквадратические значения отклонений температуры воды статистически связаны с их минимальными среднесуточными значениями, что свидетельствует о преобладающем апвеллинговом механизме генерации синоптических АТВ. Явление апвеллинга (сгона) возникает, когда ветер, дующий вдоль берега (берег слева относительно направления ветра) или под некоторым острым углом к нему, сносит поверхностные воды в море, а на смену им поднимаются придонные, как правило, более холодные.

Рассмотрены данные измерений температуры воды в прибрежной зоне ЧГП РАН за период 1980 – 2016 гг. с мая по ноябрь. За исследуемый теплый период сгоны наблюдались 184 раза, общая их продолжительность составила 532 суток. В большинстве

случаев продолжительность сгона составляет 2 – 3 суток, реже – более 8 суток. До конца 80-х годов наблюдалось небольшое увеличение количества сгонов, а с 90-х годов до 2016 г. отмечается явное уменьшение количества сгонных явлений. Этот процесс связан с уменьшением величины западной составляющей ветра, вызывающей сгоны. Одновременно с этим, наблюдается тенденция роста температуры поверхности воды. Сопоставление двух климатических тридцатилетних периодов 1952 – 1981 гг. и 1982 – 2011 гг. показало, что превышение среднемесячных значений температуры моря во втором климатическом периоде (1982 – 2011 гг.) достигало в августе $1,18^{\circ}\text{C}$, в июле $0,83^{\circ}\text{C}$, а в январе, феврале и декабре эти приращения были отрицательными, до $-0,3^{\circ}\text{C}$. Сравнение осредненных данных за последний пятилетний период (2012 – 2016 гг.) по отношению к предыдущему тридцатилетнему климатическому периоду (1982 – 2011 гг.) выявило постоянные превышения: в декабре – феврале от $+0,5^{\circ}\text{C}$ до $+0,8^{\circ}\text{C}$, в марте, апреле, сентябре, ноябре от $+0,9^{\circ}\text{C}$ до $+1,3^{\circ}\text{C}$, в июне – июле $+3^{\circ}\text{C}$, в мае и августе $+2^{\circ}\text{C}$.

Максимальная температура за весь период наблюдений (1931 – 2016 гг.) – $29,5^{\circ}\text{C}$ была зафиксирована 13 августа 2010 года в 17-00. Минимальная температура моря не опускалась ниже $4,1^{\circ}\text{C}$ (февраль 1976 г.). Экстремальные значения температуры морской воды за период 2012 – 2016 гг. составляют: максимум – в 17-00, 12 августа 2016 г. – $28,5^{\circ}\text{C}$, минимум – в 17-00, 7 февраля 2012 г. – $5,9^{\circ}\text{C}$. Отмечено, что последний пятилетний период отличается наибольшим количеством среднесуточных максимальных значений за весь период наблюдений (1931 – 2016 гг.). 2012 г. – 31, 2013 г. – 1, 2014 г. – 15, 2015 г. – 10, 2016 г. – 18 значений. Число минимальных среднесуточных значений температуры воздуха и морской воды в последние годы уменьшается.

Среднегодовая температура моря за период 2012 – 2016 гг. превысила среднемноголетнее значение на $1,3^{\circ}\text{C}$.

Работа выполнена по государственному заданию № 0835-2015 – 0002.

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСАДКОВ ЮБК НА ПРОТЯЖЕНИИ XIX – XX ВЕКОВ

Новицкая В.П., Марюшкин Ю.А.

*ЧГП РАН, г.м. Кацивели, Россия
doronina.viktori@mail.ru*

Ключевые слова: осадки, климатическая изменчивость, Черное море, Североатлантическое колебание, Восточноатлантическое колебание, САК, ВАК, ЮБК.

Роль осадков очень важна в глобальном круговороте энергии и воды. Изучение климата, изменчивости осадков, выпадающих на поверхность Черного моря в Крыму и на ЮБК имеет большое значение, как региона с высоким рекреационным потенциалом.

Наблюдение за откликами глобальных климатических сигналов и анализ климатической изменчивости осадков за длительный период позволяет прогнозировать и предупреждать экстремальные гидрометеорологические явления.

Рассмотрены различные факторы, влияющие на изменчивость осадков и климата с учетом особенностей территориального расположения региона.

Выявлена связь и непосредственное влияние важных индексов, отвечающих за крупномасштабные сигналы в системе океан-атмосфера, таких как: Североатлантическое колебание (САК) и Восточноатлантическое колебание (ВАК) на температуру Черного моря, количество осадков на ЮБК и возникновение штормовых ситуаций.

АНОМАЛИИ СИГНАЛА ОБРАТНОГО АКУСТИЧЕСКОГО РАССЕЯНИЯ ПО ДАННЫМ СТАЦИОНАРНОГО ADCP В БЛИЖНЕЙ ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

Пиотух В.Б.¹, Александрова А.Г.¹, Зацепин А.Г.¹,
Мельников В.А.¹, Мысленков С.А.¹, Соловьев Д.М.²

¹ИО РАН, г. Москва, Россия

²ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия

vbp@ocean.ru

Ключевые слова: донный ADCP, гидрофизический полигон, обратное акустическое рассеяние, оценка влияющих факторов.

Рассматриваются длинные серии измерений сигнала обратного акустического рассеяния, полученные в 2011 – 2014 гг. с помощью донного ADCP, установленного в ближней шельфовой зоне на Черноморском гидрофизическом полигоне ИО РАН (г. Геленджик). Анализируется временная изменчивость уровня сигнала обратного акустического рассеяния в верхнем (3 – 6 м) и придонном (19 – 22 м) слоях моря. Проведенная амплитудная калибровка профилей сигналов обратного акустического рассеяния позволяет объективно сравнивать уровни эхо-сигнала во всем диапазоне рабочих глубин ADCP. Полученные значения уровня эхо-сигнала, как предполагается, жестко связаны с коэффициентом объемного акустического рассеяния для рабочей частоты ADCP, однако параметры такой функциональной связи еще требуют экспериментальных подтверждений.

Анализ временной изменчивости акустических эхо-сигналов от морской среды показал, что интервалы малой акустической мутности воды чередуются с относительно короткими (до нескольких суток) ситуациями резкого увеличения амплитуд (пиками) эхо-сигнала, особенно характерными для верхнего слоя моря. Повторяемость, амплитуды, продолжительность пиков, а также соотношение их амплитуд в верхнем и нижнем слоях моря существенно различаются, в т.ч. в разные сезоны года.

Для выделения пиков усиления акустической мутности разработана методика их автоматизированной идентификации от-

носителем пороговых значений и вычисления основных параметров. Далее проводилось их сопоставление с основными влияющими факторами внешней среды – скоростью и направлением ветра, мощностью ветрового волнения, осадками вблизи г. Геленджик, гидрологическими условиями, в т.ч. с использованием спутниковых данных. Разнородность источников информации на этом этапе исключала возможность автоматизации анализа и интерпретации их влияния на амплитуду акустического эхо-сигнала.

Выявлены неоднозначность и сложность взаимных связей между внешними формирующими факторами и изменчивостью параметров пиков сигнала обратного акустического рассеяния. Приводятся примеры оценок влияния различных внешних факторов на формирование пиковых значений эхо-сигнала.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (проект № 14-50-00095) и РФФИ (проект № 14-05-00159).

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ БАЗА ДАННЫХ УРОВНЯ МОРЯ ПО ДАННЫМ МАРЕОГРАФА ЧГП РАН

Симонова Ю.В., Казаков С.И., Берзова И.Г., Хамицевич Н.В.

*ЧГП РАН, Кацивели, Россия
science@bshpg-ras.ru*

Ключевые слова: база данных, мареограф, гидрофизический полигон, уровень моря, информационные системы, данные наблюдений, программное обеспечение, усвоение данных, интерфейс программы.

Современный этап изучения и освоения ресурсов морей и океанов характеризуется нарастающим потоком информации о состоянии морской среды в реальном времени и большими объемами знаний, полученными в предшествующие годы. Для оперативного использования этой информации необходимо создание и развитие информационных систем сбора, передачи, хранения, обмена, обработки, анализа и обеспечения пользователей

океанографическими данными. Центральным элементом таких систем являются базы данных (БД) наблюдений.

Программное обеспечение БД уровня моря, полученных мареографом, позволяет следующее:

- готовить данные наблюдений к необходимому формату для автоматической загрузки их в базу;
- осуществлять предварительный контроль качества данных;
- импортировать данные в базу;
- просматривать и производить коррекцию данных непосредственно в таблице или в заданном отрезке времени, если возникли ошибки;
- просматривать характеристики базы с элементами статистики;
- проводить временные осреднения данных (среднечасовое, среднесуточное, среднемесячное, среднегодовое);
- производить расчет месячных и годовых аномалий уровня моря;
- представлять исходные и рассчитанные данные в виде числовых рядов и графического материала;
- экспортировать выбранные данные в виде текстовых либо excel- файлов.

Для исходных данных просмотр содержимого БД производится в пределах года, для осредненных данных – за весь временной интервал. В БД реализована возможность получения простейших статистических характеристик данных, таких как объем информации за конкретный временной срок, количество измерений, минимальное, максимальное и среднее значения, диапазон изменения.

В процессе создания и развития БД решается и задача спасения исторических и текущих данных мареографа, представленных на бумажных диаграммных лентах.

Основным форматом хранения данных в БД является формат *.db* программы "*Paradox*". БД «Мареограф» представляет собою данные по уровню моря с дискретностью 1 минута.

В настоящее время БД мареографа включает данные уровня моря с 1991 по 2017 гг., и она постоянно пополняется путем обработки архивных и текущих данных. Ценность архивных дан-

ных возрастает с попытками оценить возможные изменения климата. Данные БД уровня моря по данным мареографа дают возможность оценить тенденции изменения уровня на указанном промежутке времени. Такая оценка показала тенденцию роста уровня моря со скоростью порядка 2,7 мм/г. Это значение несколько превышает оценки роста уровня Черного моря в целом. Однако отметим, что Кацивельский мареограф находится в самом центре южного крыла горного Крыма, на котором происходит процесс опускания земной коры.

Авторы благодарят сотрудника МГИ РАН Долотова В.В. за создание программ оцифровки графических материалов и математического обеспечения БД.

Работа выполнена в рамках госзадания № 0835-2015-0002.

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ И РЕЛЬЕФА ДНА НА ДИНАМИЧЕСКИЕ И МОРФОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Харитонов Л.В., Фомин В.В., Алексеев Д.В., Иванча Е.В.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
lukharitonova@rambler.ru*

Ключевые слова: ветровые волны, динамика наносов, численное моделирование.

В настоящей работе проведены расчеты параметров полей волнения и морфодинамических характеристик в береговой зоне западного Крыма в районе озера Богайлы. В недавнее время существовал проект строительства глубоководного порта в акватории озера. Согласно проекту порта, планировалось изменить конфигурацию береговой линии и построить проходной канал как минимум глубиной 20 – 25 м.

Численное моделирование параметров ветрового волнения выполнено на основе модели SWAN. Для повышения пространственного разрешения расчеты проводились методом вложен-

ных сеток для трех последовательно уменьшающихся областей. Для третьей расчетной области расчеты выполнены для 2-х вариантов рельефа дна: для современной ситуации и для случая изменения конфигурации береговой линии и дноуглубления подходного канала до 20 – 25 м. Параметры ветрового волнения получены для типовых направлений ветра (Ю, ЮЗ, З, СЗ, С) и скорости ветра 10 м/с.

Проведенные численные эксперименты показали, что при воздействии ветров от запада и юго-запада в исследуемый район приходят волны от юго-запада. При южном ветре направление волнения на границе исследуемой акватории совпадает с направлением ветра. Волны наибольшей высоты (до 1,5 м в морской части района) формирует юго-западный ветер. По мере продвижения к берегу волновые фронты разворачиваются, стремясь занять положение, параллельное изобатам. Предполагаемое изменение конфигурации береговой линии и дноуглубление не окажут значительного влияния на направление волн. Но это приведет к изменению положения изолиний высот волн. Над подходным каналом при всех рассмотренных направлениях ветра изолинии высот волн изогнуты в сторону берега. А при наиболее волноопасных юго-западном и южном направлениях ветра следует ожидать увеличения высот волн вблизи входа в порт на 8 – 10 % относительно высот волн, образующихся при современной ситуации.

Важной характеристикой является придонная орбитальная скорость волн. Значения придонных волновых скоростей возрастают с уменьшением глубины от 0 до 60 см/с, что приводит к взвешиванию и переносу донного материала на мелководье при действии волнения. Наименьшие значения придонной орбитальной скорости будут при волнении, образованном ветром от севера. Наибольшие величины получены для ситуаций с юго-западным и западным ветрами. Над ложбиной подходного канала можно ожидать снижение величин придонных волновых скоростей до 2 см/с. Снижение величин придонных волновых скоростей до столь малых величин будет приводить к аккумуляции наносов в самой ложбине, то есть к заносимости проходного канала.

Также было выполнено моделирование полей волновых течений и пространственного распределения интенсивности процессов эрозии-седиментации наносов в районе озера Богайлы до и после предполагаемого строительства морского порта. Для этого морфодинамическая модель XBeach была адаптирована к третьей расчетной сетке, использовавшейся при расчетах ветрового волнения. Предполагалось, что волны набегают с запада, а дно сложено из среднегранулированного песка с диаметром частиц 5×10^{-4} м и плотностью 2650 кг/м^3 .

Показано, что строительство порта вызовет существенное изменение структуры поля волновых течений и приведет к интенсификации седиментационных процессов в районе входа в порт. Так же отложение наносов интенсивно будет происходить и в самой акватории порта.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ АНТРОПОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ПОЛУЗАМКНУТЫХ ВОДОЕМАХ

Хмара Т.В.

*ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия
xmara@mhi.ras.ru*

Ключевые слова: моделирование, загрязняющее вещество, речной сток, ливневые стоки, Днепровско-Бугский лиман, Севастопольская бухта

В связи с возрастающей антропогенной нагрузкой на экосистемы шельфовых зон моря особую актуальность приобретает задача управления качеством прибрежных морских вод путем нормирования и оптимизации сбросов загрязняющих веществ.

Объектом экологических исследований в данной работе являются два частично изолированных от прилегающей акватории морских водоема, экосистема и качество вод которых подвержены сильному антропогенному влиянию.

Выбранные для исследования Днепровско-Бугский лиман и Севастопольская бухта характеризуются высоким уровнем за-

грязнения вод, обусловленным речным стоком (реки Днепр и Южный Буг в лимане и река Черная в бухте), а также интенсивной антропогенной нагрузкой. Однако если уровень загрязнения вод Днепровско-Бугского лимана в большей степени определяется речным стоком, то качество морских вод Севастопольской бухты формируется под непосредственным влиянием ливневых и хозяйственно-бытовых стоков города.

Данным акваториям присущи такие черты импактных районов прибрежной части моря, как мелководность и, следовательно, активность гидродинамических процессов, обусловленных ветровой деятельностью; затрудненный водообмен с открытой (менее загрязненной) частью моря.

Важным фактором формирования экосистемы полузакрытых водоемов, подверженной антропогенному воздействию, является их гидрологический режим, который рассчитывался при использовании гидродинамического блока численной трехмерной нестационарной гидротермодинамической модели. Блок самоочищения морских вод от загрязняющих веществ антропогенного происхождения был использован на примере двух наиболее распространенных типов – нефтепродуктов и патогенных микроорганизмов. При расчетах учитывалось самоочищение вод от указанных типов загрязняющих веществ в результате процессов их физической, химической и биологической трансформации. Концентрация загрязняющих веществ, которые считаются примесью нейтральной плавучести, в поступающих водах считалась равной 100 условным единицам (%).

Основная масса загрязняющих веществ, поступающих со стоком Днепра, концентрируется в пределах верхнего слоя 3 м. В поверхностном слое вод в центральной части лимана концентрация нефтепродуктов может достигать 30 – 45 % (от концентрации в днепровских водах), патогенных микроорганизмов 20 – 25 %. По мере приближения к морской границе концентрация снижается до 20 % для нефтепродуктов и до 5 % для патогенных микроорганизмов.

Для исследования влияния ливневых стоков на формирование качества вод в Севастопольской бухте было проведено исследование распространения загрязняющих веществ в самой грязной ее части – Южной бухте. В кутовой части Южной бух-

ты был задан поток пресных вод с расходом $0.1 \text{ м}^3/\text{с}$, содержащих загрязняющее вещество.

Моделирование распространения загрязняющих веществ в акватории Южной бухты показало, что при типичных для водоема объемах поступления ливневых стоков при ветрах северных румбов патогенные микроорганизмы будут накапливаться в водоеме, ухудшая качество его вод. Для остальных направлений ветра загрязняющее вещество данного типа будет выноситься ветровыми течениями за пределы акватории Южной бухты и при прекращении поступления ливневых стоков происходит относительно быстрое очищение акватории Южной бухты.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме 0827-2014-0010.

ЭВОЛЮЦИЯ ГИДРОФРОНТА, ОБУСЛОВЛЕННОГО СТОКОМ РЕК И ДЕЙСТВИЕМ ВЕТРА В ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

Цыганова М.В.¹, Лемешко Е.М.²

¹ФГБУН МГИ, г. Севастополь, Россия

²ЧГП РАН, г.м. Кацивели, Россия

m.tsyganova@mhi-ras.ru

Ключевые слова: шельф, бароклинное течение, сток рек, гидрофронт, численное моделирование.

Речной сток оказывает существенное влияние на гидрофизические и биологические характеристики морских экосистем. Речные воды участвуют в формировании солевого баланса морей, их термохалинной структуры, биологического режима в прибрежных районах, значительно воздействуют на оптические свойства вод. Опресненный слой также может вызывать развитие халинной циркуляции и влиять на локальную динамику региона. Особенно этот фактор важен для тех бассейнов, в которые впадают крупные реки, к которым относится Черное море. Цель работы заключается в исследовании влияния направления ветра на распространения вод реки Дунай в северо-западной ча-

сти Черного моря. Ранее исследовались динамика, формирование и эволюция гидрофронта и прибрежного течения с учетом сезонной изменчивости, расхода реки и стратификации вод шельфа. Морская граница устьевого взморья реки Дунай соответствует изогалине 17,8 ‰.

При воздействии юго-западного ветра перенос речных вод к югу вдоль берега блокируется, образовавшийся гидрофронт распространяется к северо-востоку и востоку в сторону свала глубин. При этом распресненные воды движутся в антициклоническом направлении и выносятся в глубоководную зону западной части моря. Северо-восточный ветер прижимает плюм к западному берегу, в результате образуется распресненное прибрежное течение, которое выносится в южную часть моря. Ветер северо-западного направления смещает границу распресненных вод в восточном направлении.

Модель совместной динамики мелкого моря дает качественно верное положение стокового гидрофронта в районе устья Дуная и адекватно описывает его эволюцию в прибрежной зоне шельфа и формирование вдольберегового плотностного течения, позволяет оценить его расход на разном удалении от устья реки при различных направлениях ветра. Результаты моделирования позволили получить характерные вертикальные масштабы и расстояния от берега до внешней границы стокового фронта реки Дунай. Эти величины подтверждаются анализом архивных гидрологических измерений на шельфе, которые дают аналогичные характерные расстояния до внешней границы стокового гидрофронта для типичных условий стратификации вод на шельфе и величин расхода воды реки Дунай.

Работа выполнена в рамках государственного задания по темам № 0827-2014-0010 и № 007-01314-17-001.

ПЕРЕЧЕНЬ ОРГАНИЗАЦИЙ

ААНИИ – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт», г. Санкт-Петербург.

АНО НИЦ «Полярная инициатива» – Автономная некоммерческая организация Научно-информационный центр «Полярная инициатива», г. Москва.

АО «ГНИНГИ» – Акционерное общество «Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт», г. Санкт-Петербург.

ВШЭУиП САФУ – Высшая школа экономики, управления и права Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова», г. Архангельск.

ГОИН – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова», г. Москва.

ДВНИГМИ – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт», г. Владивосток.

ИАЗ ЮНЦ РАН – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт аридных зон Южного научного центра Российской академии наук», г. Ростов-на-Дону.

ИВМ РАН – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт вычислительной математики Российской академии наук», г. Москва.

ИВПС КарНЦ РАН – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук», г. Петрозаводск.

- ИГиЛ СО РАН** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук», г. Новосибирск.
- ИМЗ СО РАН** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова Сибирского отделения Российской академии наук», г. Якутск.
- ИНГГ СО РАН** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук», г. Новосибирск.
- ИНОЗ РАН** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт озераведения Российской академии наук», г. Санкт-Петербург.
- ИОА СО РАН** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук», г. Томск.
- ИО РАН** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук», г. Москва.
- ИПП** – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт прикладной геофизики имени академика Е.К. Фёдорова», г. Москва.
- ИПТС** – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт природно-технических систем», г. Севастополь.
- ИФА РАН** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук», г. Москва.
- КФ ГМУ** – Филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова», г. Севастополь.

МАГУ – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Мурманский арктический государственный университет», г. Мурманск.

МГИМО – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации», г. Москва.

МГУ – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», г. Москва.

ММБИ КНЦ РАН – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра Российской академии наук», г. Мурманск.

МФТИ – Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)», г. Долгопрудный.

НИИ «АЭРОКОСМОС» – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга "АЭРОКОСМОС" Министерства образования и науки Российской Федерации под научно-методическим руководством Российской академии наук», г. Москва.

ООО ИТЦ «СКАНЭКС» – Общество с ограниченной ответственностью Инженерно-технологический центр «СКАНЭКС», г. Москва.

Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности – Государственное казенное учреждение Краснодарского края «Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности», г. Сочи.

РГГМУ – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский

государственный гидрометеорологический университет», г. Санкт-Петербург.

РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (Национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», г. Москва.

РФФИ – Российский Фонд Фундаментальных Исследований, г. Москва.

Севастопольский ЦГМС – Севастопольский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, г. Севастополь.

СевГУ – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение Высшего образования «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь.

СО ГОИН – Севастопольское отделение Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова», г. Севастополь.

СОФАГ ОНЗ РАН – Секция океанологии, физики атмосферы и географии Отделения наук о Земле Российской академии наук.

СПбГУ – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург.

СПО ГОИН – Санкт-Петербургское отделение Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова», г. Санкт-Петербург.

ТОИ ДВО РАН – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук», г. Владивосток.

Университет Мэрилэнда, Колледж Парк, США.

ФАНО России – Федеральное агентство научных организаций,
г. Москва.

ФГАОУ ВО КФУ – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», г. Симферополь.

ФГБУН ИМБИ – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН», г. Севастополь.

ФГБУ «Крымское УГМС» – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Крымское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», Агрометеорологическая станция Никитский сад, г. Ялта.

ФГБУН МГИ – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Морской гидрофизический институт РАН», г. Севастополь.

Филиал МГУ в г. Севастополе – Филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова» в г. Севастополе, г. Севастополь.

ФОНД «НАНСЕН-ЦЕНТР» – Научный фонд «Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию имени Нансена», г. Санкт-Петербург.

ЮНЦ РАН – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Южный научный центр Российской академии наук», г. Ростов-на-Дону.

ЮО ИО РАН – Южное отделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук», г. Геленджик.

ЮФУ – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образо-

вания «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону.

ЧГИ РАН – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Черноморский гидрофизический полигон РАН», пгт. Кацивели.

ENS de Lyon – Высшая нормальная школа Лиона.

IFREMER – Институт изучения и освоения моря, г. Брест, Франция.

NERSC – Nansen Environmental and Remote Sensing Centre, г. Берген, Норвегия.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Александрова А.Г.	251
Алексеев Д.В.	254
Алескерова А.А.	40
Антоненков Д.А.	238
Арашкевич Е.Г.	22
Артамонов Ю.В.	127, 129, 236
Архипкин В.С.	120, 189, 225
Архипов В.В.	136
Багаев А.В.	147, 206
Базыкина А.Ю.	191
Бакуева Я.И.	147
Баранов В.И.	22
Башмачников И.Л.	29, 217
Баянкина Т.М.	122
Белов С.Ю.	218
Берзова И.Г.	252
Бобылев Л.П.	217
Бондур В.Г.	61, 193
Богуславский А.С.	156
Брузе К.	24
Букатов А.Е.	83, 85, 87
Букатов А.А.	83
Вакульская Н.М.	31
Валов Г.В.	106
Вареник А.В.	166
Васечкина Е.Ф.	90, 220
Вергун А.П.	136
Вержевская Л.В.	147, 162
Весман А.В.	82, 217
Видничук А.В.	160
Волков В.А.	79, 82
Воробьев В.Е.	61
Воротников Д.И.	36
Воскресенская Е.Н.	222
Гармашов А.В.	175

Георга-Копулос А.А.	132
Глобина Л.В.	195
Гогоберидзе А.Г.	224
Гогоберидзе Г.Г.	153, 154, 224
Годин Е.А.	142
Горячкин Ю.Н.	140, 142, 184
Григорьев А.В.	168
Григорьев М.Н.	18
Гродский С.А.	71
Грузинов В.М.	20
Гуменный М.М.	178
Гуров К.И.	138, 149, 239
Демчев Д.М.	79
Демьшев С.Г.	38, 48, 50
Довгая С.В.	50
Доксуа Т.	24
Доронин Д.О.	181
Дорофеев В.Л.	43, 215
Друзь Н.И.	117
Дубина В.А.	31, 33
Дулов В.А.	165
Дьяков Н.Н.	20
Дыкман В.З.	134
Дымова О.А.	38
Евстигнеев В.П.	124
Евстигнеева Н.А.	48
Евтушенко Н.В.	193
Елкин Д.Н.	56
Еремина Е.С.	103
Ерманюк Е.В.	24
Ершова А.А.	154
Ефимов В.В.	78, 116
Ефремов О.И.	134
Жильцов Н.Н.	26
Жук Е.В.	197
Заболотников Г.В.	153
Завьялов Д.Д.	87
Заговенкова А.Д.	225

Загоскин А.Л.	242
Залесный В.Б.	206
Замшин В.В.	61, 193
Захарчук Е.А.	20
Зацепин А.Г.	22, 51, 56, 168, 251
Зенкова П.Н.	76
Зеньков А.Ф.	26
Зима В.В.	199
Иванов Б.В.	82, 181
Иванов В.А.	145, 164, 169, 206
Иванча Е.В.	254
Игнатов Е.И.	242
Игумнова Е.М.	88, 92
Кабанов Д.М.	76, 112, 228
Казачков С.И.	156, 246, 252
Калинская Д.В.	112, 114, 226, 228
Кессель А.С.	76
Кириленко Н.Ф.	124
Кныш В.В.	41
Козлов В.С.	76
Козлов И.Е.	198, 212
Кокин О.В.	136
Колмак Р.В.	127, 129
Колтовская Е.В.	105
Кондратьев С.И.	160, 199
Кондрин А.Т.	80
Коновалов С.К.	149, 160
Конопляникова Г.В.	120
Кораблина А.Д.	189
Кориненко А.Е.	67
Коровушкин А.И.	175
Коротаев Г.К.	41, 47
Корсаков П.Б.	246
Корчемкина Е.Н.	108
Косьян Р.Д.	142
Котельянец Е.А.	145, 149
Кочергин В.С.	201
Кочергин С.В.	201

Кравчишина М.Д.	105
Краевская Н.Ю.	59
Крыленко В.В.	142
Крыленко М.В.	142
Крылов А.А.	177
Кубряков А.А.	40
Кудинов О.Б.	110, 228
Кудрявцев В.Н.	67, 71, 72, 165
Кузванова Н.И.	51
Кузнецов А.С.	169
Кузнецова Л.В.	186
Кузьмичёва Т.Ф.	243, 244
Куклев С.Б.	22
Кукушкин В.М.	202
Куликов Е.А.	80
Куликов М.Е.	80
Куприков Н.М.	181
Курносова М.О.	64
Лазарчук И.П.	92
Лазарюк А.Ю.	33
Лазоренко Д.И.	140
Лактионова Н.В.	36
Ластовенко О.Р.	73
Лагушкин А.А.	61, 108, 110, 228
Лебедев К.В.	64, 125
Лемешко Е.М.	110, 156, 159, 258
Лемешко Е.Е.	203, 204
Лесной А.С.	173
Ли М.Е.	61
Лисицын А.П.	76
Лисютин В.А.	73
Лишаев П.Н.	41
Ломакин П.Д.	230, 232
Лубков А.С.	222
Лукьянова А.Н.	206
Луппова Н.Е.	22
Лычагина Ю.М.	173
Любарец Е.П.	124

Люльчак Д.С.	199
Магаева А.А.	173
Майборода С.А.	246, 248
Макаровский Г.В.	173
Максимов Г.Т.	18
Малахова Ю.А.	153
Малиновский В.В.	67
Манилюк Ю.В.	171
Маньковская Е.В.	27, 108, 169
Маркова Н.В.	207
Мартынов О.В.	61
Марчукова О.В.	222
Марьина Е.Н.	33
Марюшкин Ю.А.	159, 250
Матросова Е.Р.	193
Медведев И.П.	80
Мезенцева Л.И.	117
Мельников В.А.	51, 251
Метик-Диунова В.В.	246, 248
Мизюк А.И.	40, 45, 213
Миклашевская Н.А.	209
Миньковская Р.Я.	157
Михайличенко С.Ю.	144
Михайлова Н.В.	122, 234
Михайлова Э.Н.	47, 211
Морозов А.Н.	27, 162, 169
Морозов Е.Г.	198
Москаленко Л.В.	51
Мушта А.В.	79
Мысленков С.А.	189, 251
Наумова В.А.	124
Новиков А.А.	242
Новицкая В.П.	250
Овакимян В.В.	95
Овсяный Е.И.	149
Огородов С.А.	136
Орехова Н.А.	98
Островский А.Г.	22

Очередник В.В.	22
Павленко Е.А.	85
Павлушин А.А.	47, 211
Панченко М.В.	76
Папкова А.С.	114, 226
Пасынков А.А.	95, 100
Петренко Л.А.	212, 235
Пийе Г.	24
Пиотух В.Б.	51, 251
Плотников В.В.	31
Пляка П.С.	106
Поважный В.В.	106
Погребной А.Е.	58, 159
Подымов О.И.	22
Политова Н.В.	76
Полищук М.А.	181
Полозок А.А.	203
Полькин Вас.В.	76
Полькин Вик.В.	76
Пономарев В.И.	33
Пузина О.С.	213
Радионов В.Ф.	76
Ратнер Ю.Б.	66
Репина И.А.	35, 204
Розвадовский А.Ф.	165
Рябцев Ю.Н.	164
Сакерин С.М.	76, 112, 228
Санников В.Ф.	171
Свищев С.В.	93
Семенов Е.К.	119, 120
Сендеров М.В.	45
Серебряный А.Н.	61
Сизов А.А.	122
Симонова Ю.В.	246, 248, 252
Скиба Е.В.	165
Скрипалева Е.А.	127, 129, 236
Слепышев А.А.	36
Смолов В.Е.	165

Совга Е.Е.	103, 145
Соколихина Е.В.	119
Соколихина Н.Н.	119, 120
Соловей Н.М.	85
Соловьев Д.М.	22, 251
Соломаха Т.А.	87
Суркова Г.В.	120, 177
Суслин В.В.	239
Сухих Л.И.	43, 215
Сычев Ю.Ф.	20
Тараканов Р.Ю.	64
Терпугова С.А.	76
Тимченко И.Е.	88, 92
Толокнов Ю.Н.	175
Толстошеев А.П.	159
Третьякова И.А.	53, 173
Удовик В.Ф.	138, 140, 144
Файман П.А.	33
Федирко А.В.	129, 236
Федоров С.В.	69
Филатова Т.Б.	166
Фомин В.В.	138, 140, 191, 254
Фрей Д.И.	198
Фролов И.Е.	17
Хайбрахманов Т.С.	63
Халиулин А.Х.	197
Хамицевич Н.В.	252
Харитонов Л.В.	142, 254
Хмара Т.В.	103, 256
Холод А.Л.	66
Холощев А.В.	178
Цыганова М.В.	258
Чепыженко А.А.	230, 232
Чепыженко А.И.	230, 232
Чернов Д.Г.	76
Чухарев А.М.	35
Шагаров Л.М.	173
Шапиро Н.Б.	47, 211

Шаповал К.О.	168
Шапрон Б.	71
Шевченко В.П.	76
Шокуров М.В.	59
Шокурова И.Г.	54
Шульга Т.Я.	151
Шутов С.А.	129, 199
Щука С.А.	198
Юрова А.Ю.	217
Юровская М.В.	72
Юровский А.В.	234
Юровский Ю.Ю.	71
Яицкая Н.А.	53, 173
Ярошенко А.А.	73

Работы сотрудников ФГБУН МГИ, представленные на конференции, полностью или частично выполнены в рамках тем государственного задания на 2015 – 2017 гг. № 0827-2015-0001, № 0827-2014-0010, № 0827-2014-0011.

Тезисы докладов научной конференции
«Моря России: наука, безопасность, ресурсы»

Подписано к печати 15 августа 2017 г.
Формат 60 84 1/6.

Отпечатано СРОО «Дом солнца»,
ул. Хрусталева, 143, тел. 8692 656011.
Заказ 71, тираж 160.