

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
«МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН»  
(ФГБУН МГИ)

УДК 551.465  
№ государственной регистрации 115062410072  
Инв. №

УТВЕРЖДАЮ  
Вр. и о. директора ФГБУН МГИ  
д-р геогр. наук, чл.-кор. НАНУ  
С.К. Коновалов  
21 декабря 2015 г.



ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

КОМПЛЕКСНЫЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ И ЭВОЛЮЦИЮ  
ЭКОСИСТЕМ ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ  
МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ И ГРИДТЕХНОЛОГИЙ  
(промежуточный)

Научный руководитель  
д-р геогр. наук, чл.-кор. НАНУ

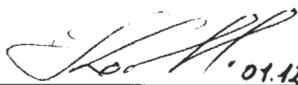


С.К. Коновалов

Севастополь 2015

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель  
д-р геогр. наук  
чл.-кор. НАНУ

 01.12.2015 С.К. Коновалов (раздел 2)

Ответственный исполнитель  
вед. науч. сотр.  
д-р геогр. наук

 1.12.2015 Ю.Н. Горячкин (реферат, введение, заключение, подраздел 1.8)

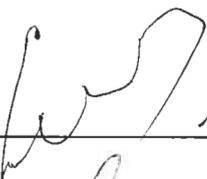
Ученый секретарь  
вед. науч. сотр.  
д-р геогр. наук

 1.12.2015 Е.Е. Совга (подраздел 1.7, 1.10)

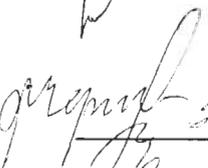
Зам. дир.  
д-р геогр. наук

 1.12.2015 Е.Ф. Васечкина (подраздел 1.9)

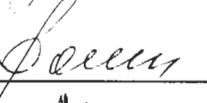
Зав. отд.  
д-р физ.-мат. наук  
акад. НАНУ

 1.12.2015 В.А. Иванов (раздел 1)

Зав. отд.  
д-р физ.-мат. наук  
чл.-кор. НАНУ

 1.12.2015 Л.В. Черкесов (подраздел 1.3)

Зав. отд.  
д-р физ.-мат. наук

 1.12.2015 В.В. Фомин (подраздел 1.2, 1.4)

Зав. отд.  
д-р физ.-мат. наук

 1.12.2015 И.Е. Тимченко (подраздел 1.9)

Зав. отд.  
д-р физ.-мат. наук

 1.12.2015 А.С. Самодуров (подраздел 1.12)

Зав. отд.  
канд. геогр. наук

 1.12.2015 Н.А. Орехова (подраздел 2.1–2.3)

Гл. науч. сотр.  
д-р физ.-мат. наук

 1.12.2015 С.Ф. Доценко (подраздел 1.4)

Гл. науч. сотр.  
д-р физ.-мат. наук

 01.12.2015 В.А. Дулов (подраздел 1.3)

Вед. науч. сотр.  
д-р физ.-мат. наук

 01.12.2015 С.Г. Демышев (подраздел 1.3)

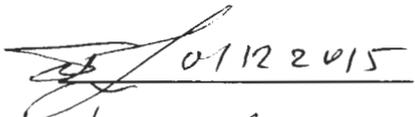
Вед. науч. сотр.  
д-р физ.-мат. наук

 01.12.2015 В.Н. Кудрявцев (подраздел 1.3)

Вед. науч. сотр.  
д-р физ.-мат. наук

 01.12.2015 А.А. Слепышев (подраздел 1.12)

Вед. науч. сотр.  
д-р геогр. наук

 01.12.2015 П.Д. Ломакин (подраздел 1.10)

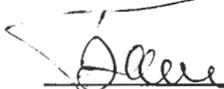
Вед. науч. сотр.  
канд. физ.-мат. наук

 01.12.2015 А.В. Прусов (подраздел 1.5, 1.6)

Ст. науч. сотр.  
д-р физ.-мат. наук

 01.12.2015 А.М. Чухарев (подраздел 1.12)

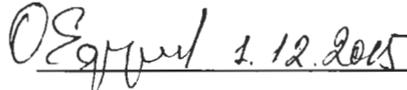
Ст. науч. сотр.  
канд. физ.-мат. наук

 1.12.2015 Г.Ф. Батраков (подраздел 2.1, 2.2)

Ст. науч. сотр.  
канд. физ.-мат. наук

 1.12.2015 В.З. Дыкман (подраздел 1.11)

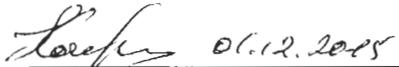
Ст. науч. сотр.  
канд. физ.-мат. наук

 1.12.2015 О.И. Ефремов (подраздел 1.3)

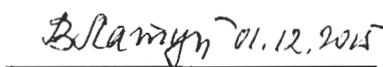
Ст. науч. сотр.  
канд. физ.-мат. наук

 1.12.2015 Е.Н. Корчемкина (подраздел 1.2)

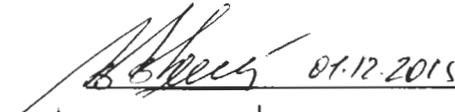
Ст. науч. сотр.  
канд. физ.-мат. наук

 01.12.2015 С.В. Кочергин (подраздел 1.4)

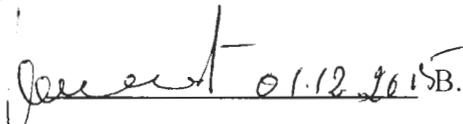
Ст. науч. сотр.  
канд. физ.-мат. наук

 01.12.2015 В.С. Латун (подраздел 1.9)

Ст. науч. сотр.  
канд. физ.-мат. наук

 01.12.2015 В.В. Малиновский (подраздел 1.3)

Ст. науч. сотр.  
канд. физ.-мат. наук

 01.12.2015 В.И. Маньковский (подраздел 1.3)

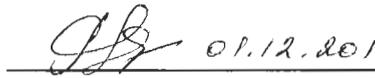
Ст. науч. сотр.  
канд. физ.-мат. наук

 01.12.2015 Т.Я. Шульга (подраздел 1.4)

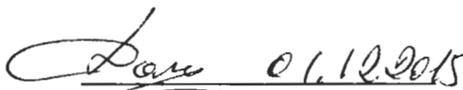
Ст. науч. сотр.  
канд. геогр. наук

 01.12.2015 В.Н. Белокопытов (подраздел 1.3)

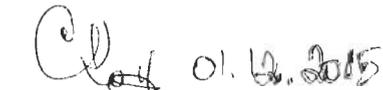
Ст. науч. сотр.  
канд. геогр. наук

 01.12.2015 Р.Я. Миньковская (подраздел 1.5,  
1.7, 1.10)

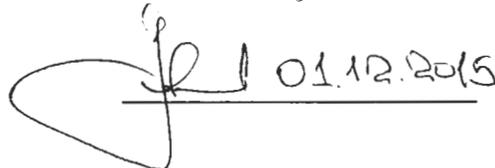
Ст. науч. сотр.  
канд. хим. наук

 01.12.2015 В.В. Долотов (подраздел 1.8, 2.1)

Ст. науч. сотр.  
канд. хим. наук

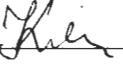
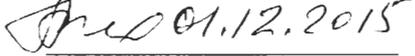
 01.12.2015 С.И. Кондратьев (подраздел 2.1, 2.3)

Ст. науч. сотр.  
канд. техн. наук

 01.12.2015 А.С. Кузнецов (подраздел 1.1)

Ст. науч. сотр. канд. техн. наук	<u>Моисеев 1.12.2015</u>	О.Г. Моисеенко (подраздел 2.1–2.3)
Ст. науч. сотр. канд. техн. наук	<u>Чепыженко 1.12.2015</u>	А.И. Чепыженко (подраздел 1.5)
Ст. науч. сотр. канд. экон. наук	<u>Ивашенко 1.12.2015</u>	И.К. Ивашенко (подраздел 1.9)
Науч. сотр. канд. физ.-мат. наук	<u>Багаев 1.12.2015</u>	А.В. Багаев (подраздел 1.1)
Науч. сотр. канд. физ.-мат. наук	<u>Лазоренко, 1.12.2015</u>	Д.И. Лазоренко (подраздел 1.4)
Науч. сотр. канд. физ.-мат. наук	<u>Кориненко 1.12.2015</u>	А.Е. Кориненко (подраздел 1.3)
Науч. сотр. канд. физ.-мат. наук	<u>Юровский 1.12.2015</u>	Ю.Ю. Юровский (подраздел 1.3)
Науч. сотр. канд. геогр. наук	<u>Харитоновна 01.12.2015</u>	Л.В. Харитоновна (подраздел 1.4)
Науч. сотр.	<u>Овсяный 1.12.2015</u>	Е.И. Овсяный (подраздел 2.1, 2.2)
Науч. сотр.	<u>Рябцев 1.12.2015</u>	Ю.Н. Рябцев (подраздел 1.3)
Мл. науч. сотр. канд. физ.-мат. наук	<u>Глобина 1.12.2015</u>	Л.В. Глобина (подраздел 1.12)
Мл. науч. сотр.	<u>Воликов 1.12.2015</u>	М.С. Воликов (подраздел 1.11)
Мл. науч. сотр.	<u>Довгая 01.12.2015</u>	С.В. Довгая (подраздел 1.3)
Мл. науч. сотр.	<u>Дымова 01.12.2015</u>	О.А. Дымова (подраздел 1.3)
Мл. науч. сотр.	<u>Зубов 01.12.2015</u>	А.Г. Зубов (подраздел 1.11)
Мл. науч. сотр.	<u>Иванча 01.12.2015</u>	Е.В. Иванча (подраздел 1.4)
Мл. науч. сотр.	<u>Калинская 01.12.2015</u>	Д.В. Калинская (подраздел 1.2)
Мл. науч. сотр.	<u>Козловская 01.12.2015</u>	О.Н. Козловская (подраздел 2.1, 2.3)
Мл. науч. сотр.	<u>Кочергин 01.12.2015</u>	В.С. Кочергин (подраздел 1.4)
Мл. науч. сотр.	<u>Кременчуцкий 01.12.2015</u>	Д.А. Кременчуцкий (подраздел 2.1)
Мл. науч. сотр.	<u>Манилюк 01.12.2015</u>	Ю.В. Манилюк (подраздел 1.4)
Мл. науч. сотр.	<u>Маркова 01.12.2015</u>	Н.В. Маркова (подраздел 1.3)

Мл. науч. сотр.	<u>Евк 01.12.2015г</u>	Е.В. Медведев (подраздел 2.1–2.3)
Мл. науч. сотр.	<u>Дилукс 01.12.2015</u>	Н.А. Миклашевская (подраздел 1.4)
Мл. науч. сотр.	<u>АК 01.12.2015</u>	К.А. Слепчук (подраздел 1.7)
Мл. науч. сотр.	<u>Ф 01.12.2015г</u>	В.Ф. Удовик (подраздел 1.8)
Мл. науч. сотр.	<u>Аксаро 1.12.2015г</u>	Т.В. Хмара (подраздел 1.7)
Мл. науч. сотр.	<u>Мел 1.12.2015г</u>	М.В. Цыганова (подраздел 1.3)
Мл. науч. сотр.	<u>Ан 1.12.2015</u>	А.А. Чепыженко (подраздел 1.5)
Мл. науч. сотр.	<u>С 01.12.2015г</u>	Е.С. Щурова (подраздел 1.10)
Вед. инж.-электр.	<u>Амис 1.12.2015</u>	В.В. Зима (подраздел 1.1, 1.11)
Вед. инж.-электр.	<u>А 01.12.2015г</u>	Ю.И. Шаповалов (подраздел 1.11)
Вед. инж.-констр.	<u>А 01.12.2015</u>	М.Я. Даниленко (подраздел 1.11)
Вед. инж.-констр.	<u>Куар 01.12.2015</u>	В.М. Карпюк (подраздел 1.11)
Вед. инж.-прогр.	<u>Аксис 01.12.2015</u>	Ю.И. Никифоров (подраздел 1.9)
Вед. инж.-прогр.	<u>Солодов 01.12.15</u>	С.М. Солодова (подраздел 1.9)
Вед. инж.-технол.	<u>Бараш 01.12.15</u>	В.А. Барабаш (подраздел 1.11)
Вед. инж.-исслед.	<u>А 01.12.15</u>	Д.А. Антоненков (подраздел 1.3)
Вед. инж.-исслед.	<u>А 01.12.2015</u>	Д.В. Бородин (подраздел 1.2)
Вед. инж.-исслед.	<u>Амис 1.12.2015</u>	И.И. Григорович (подраздел 1.11)
Вед. инж.-исслед.	<u>А 1.12.2015г</u>	А.В. Долотов (подраздел 1.8)
Вед. инж.-исслед.	<u>Блодаж 1.12.2015</u>	В.Н. Лобачев (подраздел 1.5)
Вед. инж.-исслед.	<u>Амис 1.12.2015</u>	З.Я. Рыженко (подраздел 1.8)
Вед. инж.-исслед.	<u>Свищ 1.12.2015</u>	С.В. Свищев (подраздел 2.1, 2.3)
Вед. инж.-исслед.	<u>Хоружий 1.12.2015</u>	Д.С. Хоружий (подраздел 2.1, 2.3)
Вед. инж.-исслед.	<u>Шутов 1.12.2015</u>	С.А. Шутов (подраздел 1.8)
Вед. специал.	<u>Верд 01.12.2015</u>	Л.В. Вержевская (подраздел 1.8)
Ст. инж.-электр.	<u>Др 01.12.2015</u>	А.В. Дремух (подраздел 1.11)

Ст. инж.-электр.	<u> 1.12.2015</u>	О.Б. Кудинов (подраздел 1.11)
Ст. инж.-электр.	<u> 1.12.2015</u>	И.И. Степура (подраздел 1.1)
Ст. инж.-прогр.	<u> 1.12.2015</u>	Н.И. Копыгина (подраздел 1.11)
Ст. инж.-прогр.	<u> 01.12.2015</u>	Н.А. Плюхина (подраздел 1.2)
Ст. инж.-исслед.	<u> 01.12.2015</u>	Д.В. Дерюшкин (подраздел 1.5)
Ст. инж.-исслед.	<u> 01.12.2015</u>	А.В. Желтяник (подраздел 1.8)
Ст. инж.-исслед.	<u> 1.12.2015</u>	К.Е. Краевский (подраздел 1.6)
Ст. инж.-исслед.	<u> 1.12.2015</u>	Е.Е. Лемешко (подраздел 1.4)
Ст. инж.-исслед.	<u> 1.12.2015</u>	А.Н. Лукьянова (подраздел 1.1)
Инж.-электр.	<u> 1.12.2015</u>	В.В. Мязин (подраздел 1.11)
Инж.-исслед.	<u> 1.12.2015</u>	К.И. Гуров (подраздел 2.1, 2.3)
Инж.-исслед.	<u> 1.12.2015</u>	С.Ю. Михайличенко (подраздел 1.4)
Инж.-исслед.	<u> 1.12.2015</u>	Р.О. Шаповалов (подраздел 1.11)

## РЕФЕРАТ

Отчет 65 с., 4 прил.

ЧЕРНОЕ МОРЕ, АЗОВСКОЕ МОРЕ, СИВАШ, МОРСКИЕ БЕРЕГА, ПРИБРЕЖНАЯ ЗОНА, РЕЧНОЙ СТОК, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, УСТЬЯ РЕК, ТУРБУЛЕНТНОСТЬ, ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, КАРБОНАТНАЯ СИСТЕМА, ПОТОКИ CO<sub>2</sub>, ДОННЫЕ ОСАДКИ

Объект исследования – Черное и Азовское море, его прибрежная и береговая зоны.

Цель проекта – получение новых фундаментальных знаний о процессах и явлениях в Черном и Азовском морях для решения прикладных задач. Большинство задач относится к созданию критериев рационального природопользования и эксплуатации ресурсов Черного и Азовского морей, их прибрежной и береговой зон.

Методы исследований – традиционные и современные методы океанографических исследований: сравнительно-географический, полевых наблюдений, ретроспективный, картографический, аэрокосмический, геоинформационный; математические методы: статистический, дисперсионный, корреляционный, регрессионный и спектральный анализ, численное моделирование.

В ходе выполнения работ изучались океанологические процессы в Черном и Азовском морях (в прибрежных, шельфовых районах и зонах сопряжения суша – море), процессы формирования, эволюции и адаптации морских систем под влиянием современных климатических и антропогенных факторов.

Рассматриваются результаты комплексных натуральных исследований в морской среде с целью оценки влияния антропогенной нагрузки и изменений климата на устойчивость гидрохимической структуры Черного моря.

Значительное внимание уделено математическому моделированию природных процессов, созданию новых методов контроля морской среды и обработки информации, а также приборному обеспечению натуральных исследований.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	10
1 Океанологические процессы в южных морях (в прибрежных, шельфовых районах и зонах сопряжения суша – море) .....	12
1.1 Организация комплексных эколого-геологических и гидрофизических исследований прибрежных территорий России, мониторинга их состояния, создание автоматизированных баз данных измерений на стационарных полигонах .....	12
1.2 Мониторинг прибрежной зоны Азово-Черноморского бассейна: наблюдательные системы, ГИС-технологии .....	14
1.3 Разработка и совершенствование подходов, технологий и алгоритмов мониторинга морской среды .....	15
1.4 Математическое моделирование изменчивости эволюции состояния прибрежных акваторий, расчет сценариев потенциально опасных ситуаций .....	19
1.5 Экспериментальные и теоретические исследования новых источников водоснабжения Крымского полуострова (субмаринная разгрузка подземных вод, научное обоснование строительства новых водохранилищ) .....	21
1.6 Математическое моделирование сценариев развития и прогноз катастрофических паводков на горных реках Азово-Черноморского бассейна .....	24
1.7 Экспертные оценки и практические рекомендации по улучшению экологического состояния прибрежной зоны .....	25
1.8 Мониторинг береговой зоны, кадастр пляжей Крыма .....	26
1.9 Разработка системных методов рационального природопользования в прибрежной зоне моря и создание моделей динамических процессов в экосистемах и эколого-экономических системах прибрежной зоны моря .....	28
1.10 Комплексные исследования в связи с экологической безопасностью и рекреационным развитием .....	30
1.11 Развитие комплексных морских наблюдательных систем .....	31
1.12 Исследование физических механизмов формирования и изменчивости морских систем в результате природных и антропогенных воздействий .....	34
2 Целевые фундаментальные исследования океанологических процессов формирования, эволюции и адаптации морских систем, в том числе Средиземного, Черного и Азовского морей, под влиянием современных климатических и антропогенных факторов с целью обеспечения возможностей интегрированного управления морской средой и устойчивого	

регионального развития, прогноза естественных вариаций и возможных катастрофических изменений на основе современных методов контроля морской среды и обработки информации.....	37
2.1 Комплексные натурные исследования в морской среде с целью оценки влияния антропогенной нагрузки и изменений климата на устойчивость гидрохимической структуры Черного моря. Методические работы, первичная обработка и подготовка данных наблюдений .....	37
2.2 Исследование и количественные характеристики взаимосвязей явлений и процессов, определяющих и контролирующих функционирование морских экосистем на физическом, химическом и биогеохимическом уровне, с учетом циклов основных элементов (углерод, кислород, азот, фосфор, сера, марганец, железо) и потоков на границах .....	40
2.3 Оценка современного состояния и многолетних изменений природных циклов в морской среде, возможных изменений интенсивности процессов под влиянием антропогенной нагрузки и изменений климата .....	41
Заключение.....	43
Приложение А Научные публикации по проекту в рецензируемых рейтинговых изданиях, индексируемых в цитатно-аналитических базах данных WOS, Scopus и РИНЦ.....	48
Приложение Б Публикации по проекту в материалах научных мероприятий.....	53
Приложение В Участие в выставках .....	64
Приложение Г Объекты интеллектуальной собственности .....	65

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящем отчете приведены основные результаты работ по теме «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»), выполненных Морским гидрофизическим институтом РАН в 2015 г.

Целью проекта является получение новых фундаментальных знаний о процессах и явлениях в Черном и Азовском морях для решения прикладных задач. Заложенные в идеологию выполнения проекта междисциплинарные исследования рассматривают не только океанологические процессы разной природы – физические, химические, – но и различные среды, в которых эти процессы протекают – гидросферу, атмосферу и литосферу. При этом в географическом аспекте акцент сделан на прибрежные зоны морей и зоны контакта море – суша Азово-Черноморского региона, что диктуется потребностями практики. В качестве методов исследований используются как натурные наблюдения, так и математическое моделирование. Используемый при выполнении темы комплексный подход включает в себя разработку новых методов и средств контроля состояния изучаемых природных процессов и объектов.

Наиболее крупный раздел темы «Океанологические процессы в южных морях (в прибрежных, шельфовых районах и зонах сопряжения суша – море)». Необходимость и актуальность проведения исследований в прибрежной и шельфовой зонах связана со спецификой проявления многих природных процессов, что обусловлено диссипацией в этой зоне огромной энергии, которую передает океану атмосфера. Поэтому многие физические и химические процессы имеют здесь свою специфику. Кроме этого, прибрежные районы – область взаимодействия человека с морем, зона повышенной антропогенной нагрузки на окружающую среду. Тематика представленных в отчете подразделов охватывает современные методики и теоретические подходы, используемые для изучения состояния различных объектов (водная акватория, атмосфера, береговая зона, донные отложения), как прибрежной и шельфовой зон моря, так и зон сопряжения суша – море.

Второй раздел посвящен целевым фундаментальным исследованиям океанологических процессов формирования, эволюции и адаптации морских систем, в том числе Средиземного, Черного и Азовского морей, под влиянием современных климатических и антропогенных факторов с целью обеспечения возможностей интегрированного управления морской средой и устойчивого регионального развития, прогноза естественных вариаций и возможных катастрофических изменений на основе современных методов контроля морской среды и обработки информации. В нем также рассматриваются результаты комплексных натурных

исследований в морской среде с целью оценки влияния антропогенной нагрузки и изменений климата на устойчивость гидрохимической структуры Черного моря. Приводятся выводы, полученные в ходе исследования явлений и процессов, определяющих и контролируемых функционирование морских экосистем на физическом, химическом и биогеохимическом уровне, с учетом циклов основных элементов (углерод, кислород, азот, фосфор, сера, марганец, железо) и потоков вещества на границах сред.

В отчете представлены результаты современного экологического состояния мелководных прибрежных морских акваторий на основе проведения мониторинговых исследований прибрежной зоны Азово-Черноморского бассейна с использованием уже созданных наблюдательных систем, разработки и совершенствования подходов, технологий, создания новых современных измерительных комплексов и систем. Представлены также результаты теоретических исследований по математическому моделированию изменчивости состояния прибрежных акваторий, расчету сценариев потенциально опасных ситуаций, включая результаты моделирования сценариев развития и прогноз катастрофических паводков на горных реках Азово-Черноморского бассейна, результаты экспедиционных натурных исследований прибрежной и шельфовой зон и зон сопряжения суша – море.

В отчете приводится список научных публикаций по теме проекта в рецензируемых рейтинговых изданиях, сведения об участии в конференциях и выставках.

## 1 ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЮЖНЫХ МОРЯХ (В ПРИБРЕЖНЫХ, ШЕЛЬФОВЫХ РАЙОНАХ И ЗОНАХ СОПРЯЖЕНИЯ СУША – МОРЕ)

1.1 Организация комплексных эколого-геологических и гидрофизических исследований прибрежных территорий России, мониторинга их состояния, создание автоматизированных баз данных измерений на стационарных полигонах

1.1.1 Мониторинг гидрометеорологических и океанографических полей, создание автоматизированных баз данных измерений на Черноморском гидрофизическом полигоне у мыса Кикинеиз, пос. Любимовка

Получены годовые наборы натуральных данных – направление и скорость ветра, температура, атмосферное давление и уровень моря по данным измерений на автоматизированных постах наблюдения на гидрофизическом полигоне, стационарной океанографической платформе и в поселке Любимовка.

Выполнен мониторинг гидрометеорологических и океанографических полей на Черноморском гидрофизическом полигоне у мыса Кикинеиз по установленному набору параметров. Получены годовые (за 2015 г.) наборы натуральных данных о состоянии и изменчивости полей в прибрежном районе в зоне сопряжения суши и моря. Выполнены обработка, анализ и пополнение субрегиональной базы данных.

На основании данных натуральных наблюдений 2009 – 2015 гг. проведено исследование взаимосвязи динамики прибрежных течений и анемобарических условий у мыса Кикинеиз. Из анализа спектральных энергетических и пространственно-временных характеристик полей течений и ветра, наряду со специфическими особенностями интенсификации их мезомасштабной и синоптической изменчивости, достоверно выделены взаимные интенсивные низкочастотные колебания с годовым, полугодовым и сезонным периодами. Получены количественные оценки особенности такой интенсификации.

1.1.2 Мониторинг гидрогеологических и инженерно-геологических условий и рисков береговой зоны горного Крыма

Выполнен предварительный анализ ранее накопленного материала по исследованию региональных гидрогеологических, инженерно-геологических и морских геологических условий южного склона юго-западной части Горного Крыма и береговой зоны, включая данные о зонах разгрузки подземных вод карстового формирования, источниках, малых водотоках, древних оползнях (известняковых наносах), подводных каньонах. Проведены сезонные полевые наблюдения процессов поверхностного стока Качивельского участка в период продолжительных зимне-весенних осадков с целью изучения поверхностных водотоков (временных водотоков, овражно-балочной сети), их взаимосвязи с подземными водами и воз-

можной субмариной разгрузкой, проведены полевые работы по изучению (выявлению, фотографированию) центральных зон (отрогов) и отдельных массивов древнего Кацивельского оползня. Разработана методика модельной оценки защищенности подземных вод с учетом зон быстрой фильтрации и миграции.

1.1.3 Анализ динамики океанологических характеристик морской среды на подспутниковых полигонах

На основе контактных наблюдений, выполненных на платформе Черноморского гидрофизического полигона с мая по сентябрь 2013 года, с помощью статистического анализа выделены значимые спектральные максимумы в колебаниях компонент вектора скорости течений вблизи берега и температуры, измеренной на шельфовой платформе. Проведенные ранее численные и аналитические исследования позволили соотнести наблюдавшиеся спектральные максимумы с известными волновыми процессами. Составлена таблица наблюдаемых субинерционных баротропных и бароклинных осцилляций.

Проведено исследование результатов численных прогностических экспериментов по моделированию циркуляции Черного моря, выполненных на основе термогидродинамической вихреразрешающей модели МГИ. С помощью спектрального Фурье-анализа выделены спектральные максимумы в колебаниях компонент вектора скорости течений, температуры, солености и вертикальной скорости для выбранных станций. Используя экспертные оценки и сопоставление с ранее выполненными исследованиями, полученные энергонесущие осцилляции были интерпретированы в связи с известными волновыми процессами и характеристиками модели. Показана способность модели воспроизводить субинерционные осцилляции, вызванные шельфовыми волнами. Проведен численный эксперимент по изучению отклика стратифицированного морского бассейна над узким шельфом на интенсивное антициклоническое штормовое воздействие. Выделен отклик термоклина на поступающую кинетическую энергию возмущения. Продемонстрирован процесс рассеивания внутренних волн при изменении ширины шельфа.

На основе численной негидростатической модели ИВМ проведен численный эксперимент по изучению изменчивости динамики течений и уровня моря при учете воздействия 12-часового приливного потенциала  $M_2$ . Построены спектры колебания уровня моря в точках, соответствующих городам на побережье, для которых в БД МГИ есть данные измерений. Сравнение с результатами аналогичных исследований для Черного моря показало пригодность модели для изучения взаимодействия баротропных и бароклинных приливов с особенностями рельефа дна. Построены котидальные карты для Черного и Азовского морей.

Была посчитана динамика годового хода фитопланктона, фосфора фосфатов и азота аммония, нитритов и нитратов при сбросе теплой воды ГРЭС в Севастопольскую бухту. Для

расчета использовался одномерный вариант модели качества вод МЕССА (Model for Estuarine and Coastal Circulation Assessment), которая хорошо себя зарекомендовала ранее. Моделировался ежесуточный сброс в восточную часть бухты 24000 м<sup>3</sup> пресной воды с температурой на 10 °С выше начальной. Исследование позволило оценить чувствительность модели к изменению оптимальной температуры. Вторым важным результатом стало определение режимов функционирования фитопланктонного сообщества Севастопольской бухты в ситуации лимитирования азотом, а не фосфором.

1.1.4 Моделирование переноса взвеси для интерпретации данных седиментационных ловушек в пгт Качивели. Расчет течений для полигона Качивели на недельный срок

В рамках задачи о моделировании переноса взвеси в целях интерпретации данных седиментационных ловушек в пгт Качивели к настоящему моменту реализован расчет течений до четвертого уровня вложения. Исходными уравнениями для моделирования течений являются трехмерные уравнения Навье – Стокса в приближении Буссинеска и гидростатики. Имеется программный комплекс для моделирования динамики моря. Модель течений представляет собой модифицированный вариант Принстонской трехмерной океанической модели. Модель, разработанная в 1987 г., широко используется для описания прибрежных течений. Включает в себя термодинамические процессы, турбулентное перемешивание, приближения гидростатики и Буссинеска. Турбулентность параметризована гипотезой замыкания Меллора – Ямады. В модели используются  $\sigma$ -координаты в вертикальном направлении. Для повышения пространственного разрешения в модели динамики реализована процедура вложенных сеток (с шагами 5 км, 1 км, 200 м и 20 м). Для всего моря расчеты проводятся с шагом 5 км, а непосредственно на полигоне, прилегающем к пгт Качивели, – 20 м. Выявлены и устранены ошибки в подготовке данных массивов ветра. Убрана область Азовского моря для экономии расчетного времени. Обнаружена ошибка в передаче данных для граничных условий, приводящая к генерации паразитных возмущений на свободных границах. Очень маленький шаг (20 м) на четвертой сетке вынуждает уменьшать шаг по времени до долей секунд, что в свою очередь приводит к вычислительным проблемам, характер которых выясняется.

1.2 Мониторинг прибрежной зоны Азово-Черноморского бассейна: наблюдательные системы, ГИС-технологии

1.2.1 Усовершенствование методики атмосферной коррекции спектров восходящей яркости моря по данным солнечных фотометров AERONET

Для определения спектральной поправки при атмосферной коррекции спектров восходящего излучения моря был проанализирован массив данных измерений аэрозольной оптической толщины (АОТ) солнечным фотометром CIMEL-318 сети AERONET, расположен-

ным в Севастополе. В зависимости от метеоусловий были определены статистические характеристики и особенности спектрального поведения АОТ. Было показано, что основной вклад в АОТ вносит спектральная составляющая, которую можно аппроксимировать степенной зависимостью от длины волны с показателем степени 1,9 и которая будет использована для внесения поправки в спектры восходящей яркости. Также показано, что изменчивость АОТ высока не только в коротковолновой, но и в длинноволновой части спектра. Это свидетельствует о том, что двухпараметрической модели достаточно для описания поправки для атмосферной коррекции.

#### 1.2.2 Анализ оптических и микрофизических свойств различных типов аэрозоля в атмосфере над Черноморским регионом по данным сети AERONET

Исследованы источники и оптические характеристики аэрозоля во время события пылевой бури в 2015 году. Анализ распределения частиц по размерам подтвердил наличие в атмосфере крупных частиц пыли над регионом Черного моря 6 сентября 2015 года. Исследования оптических и пространственно-временных характеристик пылевого аэрозоля во время пылевого события в сентябре 2015 года показали отличия как микрофизических, так и основных оптических характеристик пылевой бури Сирии от характеристик пылевого аэрозоля пустыни Сахара. Так во время долговременного (от 3 дней и более) переноса пылевого аэрозоля пыли пустыни Сахара наблюдается уменьшение параметра Ангстрема и сильное увеличение аэрозольной оптической толщины на протяжении всего периода переноса. Пылевой аэрозоль, наблюдавшийся в исследуемый период, характеризуется комбинированным составом как мелких, так и крупных частиц в эквивалентном соотношении.

#### 1.2.3 Поддержка аппаратных и программных ресурсов вычислительного кластера МГИ для решения фундаментальных задач прибрежной динамики

В рамках проекта «Modeling of dynamic processes in coastal zone by means of supercomputer technologies» реализован доступ к вычислительным ресурсам суперкомпьютерного комплекса МГУ имени М.В. Ломоносова. Устранена уязвимость CVE-2015-0204 веб-сайта кластера. Перенастроена внутренняя сетевая инфраструктура и правила маршрутизации для виртуальных машин кластера в связи с потерей внешнего ip-адреса грид-узла.

#### 1.3 Разработка и совершенствование подходов, технологий и алгоритмов мониторинга морской среды

1.3.1 Разработка и совершенствование алгоритмов мониторинга поля скорости ветра с целью выделения типовых метеорологических ситуаций, приводящих к штормовым нагонам в Азовском море на примере дельты р. Дон.

Подготовлены массивы данных скорости ветра полей ре-анализа для региона Азовского моря с разрешением по пространству  $0,125^\circ$  и 6 ч. по времени за период 2010 – 2014 гг. Получены статистические характеристики этих полей. По результатам работы сделан доклад «Визуализация результатов моделирования волнения и штормовых нагонов на основе графического пакета GMT» на международной конференции. Проведена комплексная экспедиция 9 – 18 июня 2015 г. в устье Дона и в районе косы Долгая; данные находятся в процессе обработки. Разработан региональный алгоритм на основе нелинейного метода самоорганизующихся карт, с помощью которого была проведена типизация синоптических ситуаций для Азово-Черноморского региона и полей уровня Азовского моря. Проанализированы шестичасовые данные приземного атмосферного давления ре-анализа ERA-Interim с разрешением по пространству  $0,125^\circ$  и срочные наблюдения за уровнем моря на постах Азовского моря. В результате выполнена классификация синоптических ситуаций над Азовским морем, выделены типы барических полей, приводящие к сильным и устойчивым ветрам. Получены оценки связей между аномальными изменениями уровня моря, приводящими к штормовым нагонам, и конкретными типами атмосферных процессов. Результаты работы могут быть использованы для определения стратегии адаптации и устойчивого развития прибрежной зоны Азовского моря к последствиям современных климатических тенденций.

1.3.2 Разработка схемы мониторинга изменений береговой линии на основе кинетических моделей перемещения взвесей в прибрежной области моря под действием волн с использованием инструментальных данных

Проведена обработка данных измерительного комплекса «Донная станция» с целью исследования потоков прибрежных наносов для различной интенсивности ветровых волн. По предварительным оценкам, модельное критическое значение волнового периода, при котором потоки крупной взвеси к берегу и от берега равны, составляет  $T_{кр} = 2,63$  с.

1.3.3 Моделирование распространения речных вод на СЗ шельфе Черного моря при различных ветровых режимах

Проведены численные эксперименты по моделированию распространения вод Дуная на северо-западном шельфе в приближении прямоугольной области, построены карты распространения речных вод в весенний сезон, получены характерные масштабы гидрофронта и вдольберегового течения. На основе данных об осадках и численного моделирования проведена реконструкция событий экстремальных паводков в регионе Южного берега Крыма, сделан доклад на конференции.

1.3.4 Изучение вероятностных характеристик изменчивости оптико-гидрофизических полей Черного моря в целях совершенствования подходов к мониторингу морской среды и развитию комплексных наблюдательных систем

На основании данных литературных источников о 79 гидрологических съемках, выполненных в период 1957 – 2004 гг. для  $1^\circ \times 1^\circ$  квадратов, оценена взаимная встречаемость циклонических и антициклонических вихревых образований и введено условие нормировки, позволяющее осуществить их картирование. Построены эмпирические функции распределения плотности вероятности наблюдения синоптических вихрей. Подготовлена аппаратура и проведена метрологическая аттестация STD комплексов. Выполнена STD съемка в районе Севастопольской бухты и районе м. Херсонес – бухта Ласпи на судне «Бирюза».

1.3.5 Исследование связи показателя поглощения  $k$  с показателем ослабления направленного света  $\varepsilon$  в водах Черного моря

Проводилась обработка архивных данных МГИ о связи показателя поглощения  $k$  с показателем ослабления света  $\varepsilon$  в Черном море, а также обработка архивных данных МГИ о связи цвета воды  $N_{цв}$  с глубиной видимости белого диска  $Z_б$  в тропической зоне Атлантического океана. Данные по измерению белого диска и цвета воды в тропической зоне Атлантического океана в рейсах НИС «Академик Вернадский» и «Михаил Ломоносов» за период 1970 – 1990 гг. были переданы в банк данных МГИ.

1.3.6 Подготовка численных алгоритмов и проведение на их основе предварительного анализа энергетических полей Черного и Мраморного моря по результатам прогностических расчетов с высоким пространственным разрешением

На основе численной модели динамики МГИ, дополненной блоком расчета кинетической и потенциальной энергии, проведены прогностические расчеты циркуляции Черного и Мраморного морей с высоким пространственным разрешением.

В первом численном эксперименте с разрешением 1,6 км по обеим координатам рассчитаны гидродинамические и энергетические характеристики Черного моря. Анализ компонентов бюджета энергии показал, что в северной и северо-восточной частях моря сезонная изменчивость потоков плавучести приводит к усилению процессов бароклинной неустойчивости и в поле течений формируются мезомасштабные структуры различного знака завихренности. У южного и юго-восточного побережья формирование мезомасштабных вихрей происходит при слабых ветрах, что объясняется уменьшением вклада в кинетическую энергию от ветра, при котором существенным становится влияние орографических особенностей береговой черты.

Во втором численном эксперименте с разрешением 1,22 км по оси  $x$  и 0,83 км по оси  $y$  рассчитаны энергетические характеристики циркуляции вод Мраморного моря на каждые сутки 2008 г. Проведен анализ изменения энергетических характеристик с течением времени. Установлено, что максимум кинетической энергии вод Мраморного моря на верхних горизонтах достигается в летний период, когда происходит существенный прогрев и усиливается

испарение вод в верхнем слое моря, в результате чего преобладающий вклад в кинетическую энергию вносит сила плавучести. Максимум осредненной по объему энергии и на горизонтах ниже 40 м, т. е. ниже раздела двух типов вод, приходится на январь-февраль, когда существенно влияние касательных напряжений трений ветра. Это свидетельствует о том, что сезонно меняющийся ветер генерирует баротропную моду.

1.3.7 Разработка модели ветровых течений, учитывающей влияние волно-вихревых турбулентных движений

Предложена модель турбулентного трения за счет перемешивающего воздействия индуцированной ветровыми волнами завихренности, которая предполагает различие между коэффициентами вертикальной вязкости в направлении ветра  $K_{zu}$  и в поперечном направлении  $K_{zv}$ . Из соображений размерности  $K_{zu}$  оказывается пропорциональным кубу скорости ветра, а коэффициент  $K_{zv}$  – ее четвертой степени, что сказывается на структуре рассчитываемых ветровых течений.

1.3.8 Экспериментальные исследования мелкомасштабной структуры морской поверхности с целью развития физических моделей формирования спутниковых сигналов, включая анализ данных, полученных ранее

Показано, что вклад обрушений в удельную эффективную площадь рассеяния зависит от скорости ветра и поляризации излучения, и не превышает 20 – 30 %. Средние значения мгновенного доплеровского сдвига, не связанного с поверхностным течением, в 1,5 – 2 раза выше ожидаемого доплеровского сдвига от свободных береговых волн.

1.3.9 Теоретические исследования поверхностных проявлений внутренних волн, течений, фронтов с целью развития подходов к дистанционной диагностике динамических явлений верхнего слоя океана

Создана база данных оптических спутниковых снимков повышенного разрешения, где наблюдаются внутренние волны, течения, фронты.

1.3.10 Экспериментальные исследования влияния поверхностной пленки на характеристики мелкомасштабной структуры морской поверхности с целью развития методов контроля антропогенных загрязнений прибрежных и шельфовых вод, включая анализ данных, полученных ранее

Рассмотрена структура натуральных пространственно-временных спектров поверхностных волн. Выполнено разделение линейных волн и связанных гармоник второго порядка. Вклад гармоник незначителен на частотах до 3 частот пика, но на более высоких частотах он может стать доминирующим. Полный спектр хорошо описывается сочетанием линейных компонентов и спектра второго порядка.

1.4 Математическое моделирование изменчивости эволюции состояния прибрежных акваторий, расчет сценариев потенциально опасных ситуаций

1.4.1 Распространение поверхностных и внутренних волн в морских каналах и проливах с учетом сдвиговых течений

Выполнен численный анализ распространения пространственных поверхностных длинных волн в каналах переменного поперечного сечения и в бухтах различной геометрии. Даны оценки амплитудных характеристик волн и закономерности трансформации волновых полей с учетом изменений батиметрии водоемов.

1.4.2 Условия наиболее эффективной генерации поверхностных и внутренних волн при ветровых воздействиях на морскую среду

Продолжено изучение процесса генерации колебаний в полуограниченном морском бассейне, вызванных действием движущегося барического фронта. В качестве основного бассейна рассмотрен Каркинитский залив Черного моря. Задача решалась численно в рамках теории длинных волн. Касательные напряжения ветра задавались по обобщенным формулам Акерблома, в которых учитывалось равномерное перемещение фронта атмосферного давления. Изучена эффективность генерации волн барическим фронтом и (или) связанным с ним полем касательных напряжений ветра. В частности, установлено усиление волновых возмущений с ростом скорости перемещения и при уменьшении ширины атмосферного фронта. Наиболее эффективна генерация волн в мелководной части залива.

1.4.3 Моделирование сценариев распространения примеси от точечного источника в Азовском море при различном ветровом воздействии. Построение функций влияния в Азовском море на основе решения сопряженной задачи для модели переноса пассивной примеси

На основе решения сопряженной задачи для модели переноса пассивной примеси в Азовском море построены и проанализированы функции влияния для районов интенсивного судоходства при различном ветровом воздействии. Показано, что при преобладающем северо-восточном ветровом воздействии суммарная концентрация в заданных районах в основном зависит от начальных распределений концентрации в областях примыкающих к акваториям основных портов Азовского моря. Проведены расчеты по моделированию сценариев распространения примеси от различных источников в Азовском море.

1.4.4 Численное моделирование штормовых нагонов в Азовском море при экстремальных синоптических ситуациях

С помощью совместной модели ADCIRC+SWAN выполнено численное моделирование штормовых нагонов и ветрового волнения в Таганрогском заливе Азовского моря и исследованы механизмы затопления дельты Дона. Расчеты проведены на неструктурированной

сетке с высоким разрешением. В качестве атмосферного форсинга использованы однородные по пространству поля ветра и поля ветра из атмосферной модели, соответствующие шторму 24 – 25 сентября 2014 г.

Установлено, что наиболее интенсивное затопление дельты Дона возникает при западном ветре. Процесс затопления дельты Дона начинает происходить при скоростях ветра больших 15 м/с. При этом площадь затопления дельты может достигать 90 %. Учет механизмов взаимодействия между течениями, уровнем моря и ветровым волнением дает приращение площади затопления дельты Дона на 8 %.

Моменты наступления максимумов волнения и максимумов ветрового нагона во время шторма 24 – 25 сентября 2014 г. смещены по фазе. Вклад волновых напряжений в вариации уровня моря незначителен (~5 см). Наиболее значимый эффект – повсеместная интенсификация ветрового волнения в Таганрогском заливе вследствие общего подъема уровня моря. При шторме 24 – 25 сентября 2014 г. гребни ветровых волн в районе дельты Дона дают добавку в общий подъем уровня моря в пределах ~ 0,3 м.

1.4.5 Моделирование течений и морфодинамических процессов в береговой зоне заповедника «Херсонес Таврический» на основе моделей XBeach и Genesis

На основе ре-анализа ветрового волнения для Азово-Черноморского региона за 1979 – 2012 гг. определены режимные и экстремальные характеристики волн в районе заповедника «Херсонес Таврический». Установлено, что максимальную повторяемость (~15 %) имеют волны, приходящие из сектора северо-запад – запад-северо-запад. Приведены оценки средних высот, периодов и длин волн, возможных один раз в несколько лет в исследуемом районе. Получены распределения по месяцам и годам продолжительностей штилевых и штормовых ситуаций.

Выполнено моделирование волновых течений на основе модели XBeach для береговой зоны заповедника «Херсонес Таврический» с использованием характеристик ветровых волн, полученных по результатам ре-анализа ветрового волнения для Азово-Черноморского региона за 1979 – 2012 гг. Определены интенсивность и пространственная структура волновых течений для ветрового волнения различной повторяемости.

1.4.6 Численные эксперименты по исследованию влияния штормовых нагонов на характеристики ветрового волнения в мелководных бассейнах

Путем совместного использования моделей POM и SWAN исследовалось влияние штормовых нагонов на ветровое волнение, генерируемое однородными по пространству ветрами восьми основных румбов в бассейне Азовского моря. Результаты проведенных расчетов показали, что штормовые нагоны приводят к заметному перераспределению интенсивности формируемого в акватории волнения.

1.4.7 Исследование свободных колебаний жидкости в Азовском море, возникающих после прекращения действия атмосферных возмущений на основании результатов математического моделирования

Методом математического моделирования выполнено исследование эволюции свободных волн в Азовском море, возникающих после прекращения длительно действующего ветра. Получены физические закономерности свободных колебаний жидкости в Азовском море, возникающие после прекращения действия постоянного ветра. Для расчета применяется нелинейная трехмерная сигма-координатная модель, с использованием которой изучены пространственные характеристики сейшеобразных колебаний, расположение узловых линий и скорости возникающих при этом течений. В результате выполненных в настоящей работе исследований установлено, что максимальные величины размахов сейшеобразных колебаний в прибрежной зоне сопоставимы с размерами штормовых сгонов и нагонов. При этом высоты свободных колебаний уровня в открытой части моря составляют 50 – 89 % высот колебаний вдоль береговой линии. В центральной части моря максимальные скорости течений при сейшеобразных колебаниях превысили на 21 % скорости стационарных течений, вызванных штормовым ветром. Установлено, что сейши вносят существенный вклад в изменчивость скоростей течений.

1.5 Экспериментальные и теоретические исследования новых источников водоснабжения Крымского полуострова (субмаринная разгрузка подземных вод, научное обоснование строительства новых водохранилищ)

1.5.1 Оценка качества воды рек Севастопольского региона для обоснования резервирования в водохранилищах их водных ресурсов

Установлено, что средняя концентрация растворённых веществ в речной воде не превышала ПДК (за исключением меди и цинка, концентрация которых в 2 и более раз была выше нормативных значений). Максимальная концентрация магния, хлоридов, соединений азота превышала ПДК в 2 – 25 раз, а в воде р. Качи концентрация нитритов достигала 162 ПДК (10.03.1978 г.). Для всех рек региона было характерно сверхнормативное загрязнение воды нитритами. Максимальное значение кремния в отдельных пробах было в 1,4 – 2,2 раза, меди и цинка – в 6 – 27 раз, хрома шестивалентного – в 1,1, НУ – в 1,8 раз, фенолов – в 60 раз, СПАВ – в 1,1 – 1,4 раза больше ПДК. Иногда в воде рек обнаруживались смолы и асфальтены. Выявлены значимые тенденции увеличения концентрации цинка и СПАВ, которые объясняются ростом загрязнённости атмосферы микроэлементами и сбросом сточных вод с застраиваемых территорий в бассейнах рек.

Сравнение химического состава воды рек показало его идентичность для всех рек региона, а по отдельным показателям вода р. Бельбек и р. Кача была чище, чем вода реки Чер-

ной, что может служить основанием для её использования в целях резервного водообеспечения Севастопольского региона.

1.5.2 Разработка стандартной методики измерений гидрофизических параметров для оценки дебита источников субмариной разгрузки подземных вод

На основе экспедиционных исследований 2007 – 2013 гг. внутренних полостей гротов и прилегающих акваторий в районе м. Айя разработана стандартная методика полигонной съемки и зондирования основных гидрофизических полей на экспериментальном полигоне, целью которой является поиск района субмаринной разгрузки, локализация отдельных источников и оценка дебита по каждому из них. Методика носит комплексный характер оценки субмариной разгрузки подземных вод (СРПВ), включая многопараметрическое профилирование, многоуровневую систему пассивных дрейфтеров, многоуровневую шлейфовую буксировку, что позволило выявлять информативные биофизические признаки проявления СРПВ при локализации источников и их трансформации. Получена оценка пространственно-временных процессов распространения подземных распресненных вод, предложены оценки дебита источников.

1.5.3 Натурные наблюдения субмариной разгрузки подземных вод на основе новой стандартной методики измерений

Методика измерений СРПВ, впервые протестированная в 2013 г. как комплексная, позволила на расширенном полигоне определить участок, перспективный для поиска субмаринных пресных вод, локализовать источники субмариной разгрузки и картировав распространение пресных вод из локальных источников, с учетом тонкой структуры приповерхностного течения оценить дебит источников. С учетом расширения информативности за счет проведенных исследований трансформации и особенностей смешения субмаринных и морских вод в полости и мористой части гротов, а так же локализации донных источников СРПВ методика является универсальной и стандартной при поиске, локализации источников субмаринных пресных вод и оценки их дебита.

1.5.4 Определение основных закономерностей формирования и распространения потоков взвешенных наносов в прибрежной зоне моря с учетом дисперсного состава, концентрации и свойства взвешенного вещества

На основе анализа пространственно-временных процессов формирования, распространения и осаждения взвешенного вещества с учетом его дисперсного состава и свойств (минеральное/органическое), а также воздействующих метеорологических факторов (ветрового – ветров южных и северных румбов, как доминирующих и ветрового нагона), влияющих на циркуляцию вод в Керченском проливе и районе острова Тузла, по данным экспедиционных исследований 2007 – 2011 гг. получена оценка пространственно-временных про-

цессов формирования, распространения и осаждения потоков взвеси в Керченском проливе и трехмерная структура потока взвешенных наносов на локальном тестовом участке – район о. Тузла.

1.5.5 Оценка возможностей расширения пресноводного ресурсного потенциала Крыма за счет субмариной разгрузки подземных вод. Оценка мощности источников субмариной разгрузки в прибрежной зоне ЮБК.

Полученные оценки информативности гидрофизических маркеров при применении стандартной методики поиска выходов субмаринных вод в районе м. Айя – б. Ласпи показали свою эффективность и могут быть применены в прибрежной зоне ЮБК и в районе Новый свет – Судак для поиска субмаринных пресных вод, как источника альтернативного питьевого водоснабжения, локализации источников и оценки их дебита.

#### 1.5.6 Новый источник водоснабжения – конденсат атмосферной влаги

Предложен новый источник водоснабжения Южного берега Крыма (ЮБК) – конденсат атмосферной влаги. Конденсат атмосферной влаги (например, дождевая вода) заведомо привычен и безвреден для человека и всех животных, может употребляться ими в пищу после естественной минерализации в реках и водохранилищах. Отмечены главные природные возможности крымского региона для решения проблемы обеспечения пресной водой: во-первых, высокая концентрация пресной воды в воздухе (в виде пара) над акваторией морей и побережьем; во-вторых, глубинные морские воды Чёрного моря обладают весьма низкой температурой вне зависимости от времени года.

Наличие практически безграничного ресурса холодной воды, которое является благоприятным условием, если глубина моря достигает 30 м и более на расстоянии 150 – 300 м от берега, например, у ЮБК, позволяет однозначно определиться с основным принципом работы технических средств получения природной влаги – это конденсация атмосферной влаги в теплообменном устройстве, охлаждаемом глубинной морской водой до температуры ниже точки росы. Следует использовать и воды субмаринной разгрузки подземных вод, выявленные на ряде прибрежных участков крымского горного массива.

Для получения пресноводного конденсата в промышленных объёмах (более 1000 т в сутки) необходимо обеспечить расход воздуха через конденсатную станцию не менее  $850 \text{ м}^3/\text{с}$  и морской воды не менее  $1,3 \text{ т/с}$ , что сегодня является технически разрешимой проблемой.

Предлагается конденсатная установка, использующая не вырабатываемый холодильным агрегатом холод, а естественный холод глубинной морской воды. Рассчитаны приблизительные технические параметры мощной станции. Высота (с диффузором) – не более 40 м, металлоёмкость – около 245 т, расчётная мощность водяных насосов – около 0,15 МВт, рас-

чётная мощность вентиляторных установок – около 2 МВт, температура охлаждающей воды (с глубины 30 – 50 м) – 8 °С, производительность по пресной воде – около 4000 т/сут., удельные энергозатраты – около 14 кВт ч/т. Производительность конденсатной станции существенно зависит от климатических условий в районе строительства.

Получены предварительные технико-экономические показатели станции, обоснованы преимущества конденсаторной технологии. В качестве опытной научно-технической и технологической базы данного проекта предлагается инфраструктура и научно-технический потенциал Морского гидрофизического института совместно с привлекаемыми профильными институтами. Проектные работы по водообеспечению Крыма могут быть выполнены силами ОАО НПО ЦКТИ (С.-Петербург), ОАО «Атомэнергопроект» (Москва), АО «Атомпроект» (С-Пб).

1.6 Математическое моделирование сценариев развития и прогноз катастрофических паводков на горных реках Азово-Черноморского бассейна

1.6.1 Адаптация гидравлической модели речного стока к бассейну реки Адагум (Краснодарский край). Анализ данных натурных наблюдений, полученных во время катастрофического паводка 6 – 7 июля 2015 г. в бассейне реки Адагум

Проанализированы данные натурных наблюдений, полученные во время катастрофического паводка на реке Адагум 6 – 7 июля 2012 г. Для ввода в гидравлическую модель речного стока подготовлены входные данные (геоморфология, гидрография, землепользование). Построены карты направлений водных потоков. Гидравлическая модель речного стока была адаптирована к бассейну реки Адагум.

На основе данных о рельефе и метеорологических наблюдений на метеостанции г. Крымск построено поле атмосферных осадков в бассейне р. Адагум за 6 – 7 июля 2012 г.

1.6.2 Подготовка входных данных для ввода в гидравлическую модель (геоморфологи, метеорология, гидрография, землепользование). Построение карты направлений водных потоков масштаба 1:100000

Полученные данные об атмосферных осадках введены в гидравлическую модель речного стока; получены гидрографы для рек бассейна р. Адагум, хорошо соответствующие данным гидрологических наблюдений.

Сравнение наших результатов с данными наблюдений показало, что главная причина катастрофического наводнения в ночь с 6 на 7 июля в бассейне р. Адагум – чрезвычайно высокие, не наблюдавшиеся никогда, осадки. Кроме того, на условия прохождения паводочной волны оказали влияние антропогенные факторы: два моста – ж/д и автомобильный, пролеты которых были забиты карчем. Максимальный расход, прошедший 7 июля по р. Адагум через г. Крымск, составил около 1500 м<sup>3</sup>/с. Для р. Баканка максимальный расход оценен в

1021 м<sup>3</sup>/с, а для реки Неберджай – 403 м<sup>3</sup>/с.

Неберджаевское водохранилище в период прохождения паводка выполнило свою защитную функцию, снизив поступление паводочных вод в р. Адагум в период наиболее интенсивного развития паводка более чем на 200 м<sup>3</sup>/с.

1.7 Экспертные оценки и практические рекомендации по улучшению экологического состояния прибрежной зоны

1.7.1 Современное экологическое состояние акватории Севастопольской бухты под влиянием уровней антропогенных нагрузок и особенностей гидродинамического режима

Выполнен анализ экологического состояния акватории Севастопольской бухты по многолетним экспедиционным исследованиям с учетом экспериментальных и теоретических оценок гидродинамического режима ее акватории. Впервые получены оценки ассимиляционной емкости акватории Южной бухты по отношению к неорганическим формам азота, как приоритетным загрязняющим веществам в ливневых и муниципальных стоках.

1.7.2 Использование модели качества вод МЕССА для оценок экологического состояния Севастопольской и Южной бухт

Показаны возможности оценки качества вод акватории Севастопольской бухты в сравнении с акваторией Южной бухты на основе современных методов математического моделирования с применением биогеохимической модели МЕССА. Подтвержден антропогенный характер источника загрязнения неорганическими формами азота

Одним из видов антропогенного загрязнения прибрежных акваторий является тепловое загрязнение. В 2015 г. была рассчитана динамика годового хода фитопланктона, фосфора фосфатов и азота аммония, нитритов и нитратов при сбросе теплой воды ГРЭС в Севастопольскую бухту.

1.7.3 Исследования экологического состояния акватории у Гераклейского полуострова по результатам экспедиционных исследований судна «Бирюза» 10.09.2015 г.

По результатам проведенных гидрохимических и экологических исследований показано, что исследуемая акватория является экологически неблагополучной, как по содержанию биогенных элементов, так по распределению нефтепродуктов. Даже такая загрязненная часть Севастопольской бухты, как Южная бухта, по содержанию ряда биогенных элементов является более чистой в сравнении с исследуемой в экспедиции акваторией.

Рассчитанная величина ассимиляционной емкости акватории поверхностного слоя вод в отношении нефтепродуктов по данным выполненной 10.09.2015 г. океанографической съемки показала, что для акватории характерно экологическое неблагополучие, для приведения обнаруженных концентраций нефтепродуктов до уровня ПДК потребуется до 3,2 суток.

1.7.4 Экспертная оценка загрязнения Азовского моря пестицидами с речным стоком

Оценка вклада изменчивости концентрации различных ХОП в изменчивость их выноса в море свидетельствует о преобладающей роли стока воды в величине выноса пестицидов, устьевых водотоков р. Кубань.

Вклад малых рек в загрязнение Азовского моря пестицидами пропорционален их стоку и не превышает точности определения выноса ХОП (2 – 4 %), поэтому для ориентировочной оценки приходной составляющей баланса ХОП Азовского моря достаточно оценить вынос ХОП у нижних границ дельт рек Дон и Кубань.

Сложившаяся сеть гидрохимических наблюдений в устьях рек не оптимальна. Для её оптимизации требуются детальные познания природы морских устьев рек в физико-химическом, геохимическом и географическом аспектах и разработка на основе этого специальной методики оптимизации для различного типа устьев с учётом решаемых наукой и практикой задач, особенностей режима и экономическими возможностями заинтересованных организаций и ведомств.

#### 1.8. Мониторинг береговой зоны, кадастр пляжей Крыма

##### 1.8.1 Разработка научно-обоснованных методов расчета природной и антропогенной изменчивости пляжей в рамках Кадастра пляжей и рекреационных зон Крыма

В рамках разработки современных концепций кадастра пляжей проанализирована возможность оценки показателя их природной изменчивости на основе количественной оценки объемных изменений пляжевого материала. Показано, что при этом необходимо учитывать два природных фактора: изменение толщины слоя пляжевого материала в различных участках пляжа относительно коренного массива и смещение береговой линии пляжа, отражающее развитие или деградацию его береговой составляющей.

На основании количественных оценок, выполненных для пляжа, расположенного в пос. Любимовка Севастопольского района за период 2007 – 2014 гг., установлено, что первый из указанных факторов на рассматриваемом пляже вносит значительно меньший вклад в динамику пляжа ( $5296 \text{ м}^3$ ) по сравнению со вторым ( $359117 \text{ м}^3$ ) и, следовательно, традиционный метод сравнения состояния пляжей по изменению их площади должен рассматриваться как основной. С использованием компьютерных геоинформационных методов расчета состояния пляжа становится возможным повысить точность выполняемых оценок, что для пляжей меньших размеров может оказаться существенным. Помимо этого, появляется возможность оценки динамики пляжа по отдельным его участкам.

##### 1.8.2 Мониторинг берегов Крыма на стационарных опорных полигонах, характеризующих основные черты участков побережья Западного Крыма

Проведен мониторинг берегов Крыма на стационарных опорных полигонах. Выполнены измерения положения береговой линии с помощью геодезической GPS-системы Trim-

ble. Проведен оперативный мониторинг последствий паводкового сброса, произошедшего на реках Западного Крыма (Альма, Кача и Бельбек) в результате выпадения аномального количества атмосферных осадков в период с 28 по 30 мая 2015 г.

Осуществлено описание, панорамное и масштабное фотографирование изменений морфометрических характеристик русел рек в местах их впадения в море и результатов перестроения рельефа пляжей на примыкающих участках береговой зоны. Проведена серия из пяти однодневных экспедиций по мониторингу состояния берегов на 10 опорных полигонах, расположенных на участке побережья Западного Крыма от Севастополя до Евпатории. Осуществлено геоморфологическое описание современного состояния берегов. Проведены количественные измерения положения береговой линии, морфометрических характеристик пляжей и приурезовой части подводного берегового склона, отобраны пробы для определения гранулометрического состава прибрежно-морских наносов.

Проведены измерения температуры воздуха, атмосферного давления, скорости и направления ветра на временном автоматизированном посту наблюдений в районе заповедника «Херсонес Таврический». В июне 2015 г. из-за проблем с собственностью пост демонтирован. Выполнена первичная обработка результатов измерений. Продолжены наблюдения за метеорологическими параметрами на временном посту в пос. Любимовка.

1.8.3 Прогноз изменений береговой линии евпаторийского побережья на основе модели Genesis для выработки рекомендаций по оптимизации структуры берегозащитных мероприятий

С помощью модели GENESIS выполнено численное моделирование различных сценариев защиты двух участков пляжа г. Евпатория с помощью молв и отдельно стоящих волноломов. Результаты расчетов показали, что молы не являются эффективной берегозащиты, поскольку вызывают сильный размыв отдельных участков пляжа. Более рациональным оказывается использование отдельно стоящих волноломов, которые создают условия для накопления материала на примыкающих к ним участках пляжа.

1.8.4 Типизация берегов Крыма на основе анализа современных экзогенных процессов

На основе анализа современных экзогенных процессов подготовлены карты для выделенных районов, рассчитана общая протяженность различных типов берегов для всего Крымского побережья и отдельных его районов. Подготовлена развернутая легенда, включающая и фото типичных берегов.

1.8.5 Обобщение архивных материалов по антропогенной нагрузке на береговую зону Крыма. Анализ современного состояния берегов Западного Крыма

Подготовлены карты достоверно известных изъятий пляжевого материала на побережье Крыма, карта берегоукрепительных сооружений и сводная таблица антропогенного воздействия на берега с анализом последствий.

#### 1.8.6 Разработка структуры кадастра береговой зоны Крыма

Разработаны два варианта структуры кадастра береговой зоны Крыма. Один из них содержит 150 позиций с дополнительными 300 уточняющими дескрипторами; второй, соответственно, 50 позиций и 150 дескрипторов. В зависимости от поставленных задач, характера обследуемой территории, финансирования и других условий количество определяемых параметров может изменяться. Смысловые блоки включают геологическую, геоморфологическую, лито- и гидродинамические характеристики. Унификация наблюдений, сбора и обработки фактического материала делает сравнимыми результаты работ на различных территориях различными исследователями.

#### 1.8.7 Количественные оценки изменений положения береговой линии и деформаций рельефа береговой зоны Западного Крыма по данным натурных наблюдений

Проведена систематизация и предварительная обработка данных натурных наблюдений за литодинамическими процессами в береговой зоне Западного Крыма, полученных в рамках реализуемой программы экспедиционных исследований. Получены количественные оценки пространственной и временной изменчивости морфометрических характеристик пляжей и приурезовой части подводного берегового склона. Выделены основные тенденции развития литодинамических процессов на опорных полигонах. Осуществляется дальнейшее формирование и дополнение массива данных, позволяющего получить количественные оценки изменчивости рельефа пляжей и подводного берегового склона на различных пространственных и временных масштабах.

#### 1.8.8 Исследование динамики локальных участков береговой зоны в результате воздействия волнения во время отдельного шторма

Разработана методика оперативного проведения натурных измерений морфометрических параметров береговой зоны непосредственно после прохождения шторма. Определено положение опорных створов для измерения ширины и профилей пляжей и контрольных точек для осуществления панорамной съемки. Получены количественные оценки изменений морфометрических характеристик пляжа и положения береговой черты в северной части пересыпи оз. Сакское после прохождения штормов различного направления.

#### 1.9 Разработка системных методов рационального природопользования в прибрежной зоне моря и создание моделей динамических процессов в экосистемах и эколого-экономических системах прибрежной зоны моря

1.9.1 Разработка пространственно-временной модели экосистемы северо-западного шельфа Черного моря, адаптируемой к данным дистанционных наблюдений температуры и концентрации хлорофилла-а и к расчетным данным о переносе и диффузии веществ в этом районе

Выполнена компьютерная реализация адаптивной модели морской экосистемы и проведена серия вычислительных экспериментов с целью проверки ее управляемости и устойчивости. Подобраны коэффициенты агентов ресурсного лимитирования, включенных в уравнения модели. Построена пространственно-временная модель экосистемы северо-западного шельфа Черного моря и получены результаты вычислительных экспериментов по ее адаптации к данным дистанционных наблюдений температуры и концентрации хлорофилла-а и к расчетным данным о переносе и диффузии веществ в этом районе.

1.9.2 Разработка имитационной модели управления уровнем загрязнения природной среды и экономической рентабельностью производства рекреационных услуг в прибрежной зоне моря с учетом сезонных условий и природоохранных действий

Разработан вычислительный алгоритм модели управления уровнем загрязнения морской среды. Составлены и отлажены программы компьютерной реализации модели.

Создана имитационная модель управления уровнем загрязнения природной среды и экономической рентабельностью производства рекреационных услуг в прибрежной зоне моря с учетом сезонных условий и природоохранных действий. Модель апробирована для района Крыма, прилегающего к ЮБК. Построены пространственные распределения эколого-экономических характеристик использования рекреационных ресурсов.

1.9.3 Модификация разработанной ранее объектно-ориентированной модели (ООМ) мидийной фермы в районе юго-западного Крыма

Выполнены численные эксперименты по отладке объектно-ориентированной модели роста мидий для проведения расчетов по району Севастопольской бухты с целью имитации роста мидий на коллекторе мидийной фермы для дальнейшего сопоставления результатов с имеющимися натурными данными. Выполнены имитационные эксперименты с использованием натуральных данных по данному региону и сопоставление результатов с имеющимися оценками роста мидий.

1.9.4 Исследование влияния агрегированности на функционирование мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam., культивируемой в различных океанографических условиях у южного и юго-западного побережья Крыма

Измерены скорости роста одиночных мидий и пяти друз, состоящих из мидий той же размерной группы. Получены данные о зависимости дисперсии и коэффициента вариации от средней величины удельной скорости, что является ценной информацией при исследовании

индивидуальной изменчивости физиологических параметров мидий. Сделан вывод о снижении коэффициента вариации (относительной дисперсии) при увеличении абсолютных значений удельных скоростей роста. Построены эмпирические зависимости скоростей фильтрации и дыхания от степени агрегированности скоплений мидий по экспериментальным данным

1.9.5 Разработка эколого-экономической модели системы «биогены – фитопланктон – кормовой зоопланктон – анчоус – ставрида – шпрот – промысел этих рыб» с целью определения максимально допустимого вылова черноморского анчоуса на предстоящий промысловый сезон

Предложены алгоритмы учета влияния размерно-возрастных групп анчоуса, выловленных в прошедших путинах, на его промысловые запасы в предстоящую путину.

Построен алгоритм усвоения в модели детальных результатов прошлых промысловых сезонов для вычисления предельно допустимого вылова анчоуса в предстоящую путину.

1.10 Комплексные исследования в связи с экологической безопасностью и рекреационным развитием

1.10.1 Исследование структурных изменений морского устья реки Чёрной и уточнение его границ

Установлено что протяжённость устьевого участка р. Чёрной можно считать равной 0,6 км, что меньше, чем предполагалось ранее. В результате хозяйственной деятельности глубина на бывшей границе устьевого участка реки (в районе базиса эрозии в прошлом) увеличилась в 4,6 раз, а ширина – в 6,5 раз, сток р. Чёрной был зарегулирован Чернореченским водохранилищем и прудами, что было причиной изменения русловых процессов на всём протяжении реки. После проведения крупномасштабных гидротехнических работ площадь закрытой части устьевого взморья (за счёт образованного Инкерманского лимана) увеличилась на 5% (на 0,4 км<sup>2</sup>). Взморье стало вдаваться в сушу (в результате затопления речной долины) на 2,4 км. Антропогенные изменения рельефа и гидрографии морского устья р. Чёрной привели к тому, что бухтово-дельтовый тип морского устья изменился на лиманно-бухтовый. Поэтому устье р. Чёрной в настоящее время относится к антропогенно-изменённому типу. Модернизация Севастопольского морского порта и планируемое в связи с этим углубление судового хода могут привести к дальнейшему осолонению Инкерманского лимана и устьевого участка реки Чёрной. Масштабные преобразования устьевой области реки повысили экономический и рекреационный потенциал Севастопольского региона, сделав природопользование более рентабельным и многосекторным.

1.10.2 Физико-географическое исследование озера Кызыл-Яр для выработки рекомендаций по рациональному природопользованию

С конца 80-х годов XX в. солёность лим.-оз. Кызыл-Яр стала уменьшаться из-за сбросов пресной воды из Сакской ветки Северо-Крымского канала и фильтрации воды из Межгорного водохранилища, что привело к снижению рекреационного потенциала, изменению экосистемы и лечебного качества лечебных донных отложений. После перекрытия Северо-Крымского канала и прекращения поступления пресной воды в Межгорное водохранилище, сток в лим.-оз. Кызыл-Яр уменьшился и может происходить его осолонение, что приведёт к изменению водного режима, баланса озера и его экосистемы, а также хозяйственной деятельности.

#### 1.11 Развитие комплексных морских наблюдательных систем

1.11.1 Разработка измерителя температуры и электропроводности для позиционных измерительных средств морских наблюдательных систем

В ходе разработки измерителя температуры и электропроводности на основе анализа способов применения различных контактных кондуктометрических ячеек сделан выбор двух типов – двухэлектродной и четырёхэлектродной. В соответствии с особенностями этих ячеек разработаны электрические принципиальные. Оба варианта могут быть применены. В рамках проекта создан действующий макет измерителя температуры и электрической проводимости на основе покупного датчика с платиновым термометром и четырёхэлектродной ячейкой. Результаты лабораторной отработки и градуировки в отделе метрологии положительны.

#### 1.11.2 Разработка автономного электромагнитного измерителя течений

Продолжены работы по созданию электромагнитного измерителя течений, который, как показали результаты его демонстрации на четырёх выставках (г. Санкт-Петербург, г. Кубинка, две в Севастополе), очень востребован. На данном этапе, на основе лабораторных испытаний 2014 и 2015 гг. выполнены доработки корпусно-механической части и в большей мере электромеханического генератора переменного магнитного поля, связанные с отказом от использования импортного микромощного двигателя постоянного тока. Разработанный альтернативный вариант микромощного двигателя в 2016 г. будет запатентован.

1.11.3 Развитие наблюдательной сети с использованием беспроводных технологий и автономным питанием

Разработан, изготовлен и испытан макет автономного накопителя на картах памяти типа SD.

1.11.4 Создание новых механических и электронных узлов, а также нового программного обеспечения для модернизации измерительного комплекса «Сигма»

Осуществлена доработка механической, электронной, и программной частей оборудования, позволяющая использовать модернизированный зондирующий вариант комплекса «Сигма-1» – «Сигма-1.5» до глубины 300 м.

Апробирована новая методика применения позиционного варианта измерительного комплекса «Сигма-1» для получения профилей пульсационных гидрофизических величин от поверхности до глубины 20 м с неподвижного основания. В исследованиях на НИС впервые проведены измерения пульсационных величин модернизированным прибором «Сигма-1.5» до глубины 300 м.

Проведена разработка принципиальных схем и программного обеспечения нового канала давления и блока положения измерительных комплексов «Сигма-1» и «Сигма-1.5», позволяющих иметь полную информацию о положении в пространстве и колебаниях погруженных модулей. Определены принципы реализации нового программного обеспечения бортовой части измерительных комплексов, позволяющего синхронно принимать, сохранять, предварительно обрабатывать и подробно отображать в многоэкранном режиме информацию от разных измерительных комплексов в реальном времени.

1.11.5 Модернизация, ремонт и эксплуатация приборов. Обеспечение метрологической аттестации. Монтаж и настройка модернизированного измерителя течений МГИ-1308М2. Доработка конструкторской и эксплуатационной документации МГИ-1308М2. Настройка беспроводного пульта программирования для МГИ-1308М2

Выполнено изготовление, монтаж и настройка печатных плат модернизированного измерителя течений МГИ-1308М2 (6 комплектов). Подготовлена конструкторская и эксплуатационная документация. Выполнен ремонт измерителей скорости и направления ветра метеоккомплексов МГИ-6503 и МГИ-6505. Произведен ремонт цифрового адаптера поплавкового мареографа.

1.11.6 Береговой стационарный гидролого-оптико-гидрохимический комплекс проточной гидравлической системой для экологического контроля воды в Севастопольской бухте и на СОП пгт Качивели

Полученные результаты работы оптических модулей проточного гидролого-оптико-гидрохимического комплекса-турбидиметра и измерителя фотосинтетически активной радиации подтвердили свою стабильность как на этапе метрологического контроля, так и стабильность метрологических характеристик при обрастании, простоту применения и качество данных в натуральных условиях при работе на стационарной океанографической платформе (СОП) пгт Качивели. Оптические модули не нуждаются в дополнительной доработке и могут эффективно применяться в проточной системе в стационарных и судовых комплексах. С 17 по 24 сентября 2015 г. были выполнены измерения гидрозондом ГАП-АК-12Р на СОП в

пгт Кацевели, в результате чего была получена временная изменчивость температуры, электрической проводимости, солености и плотности в диапазоне глубин от 0 до 28 м.

#### 1.11.7 Модернизация комплекса гидрофизического попутных измерений (КГПИ)

Модернизация КГПИ выполнялась с целью повышения эксплуатационной возможности КГПИ и повышения технических характеристик измерительных каналов гидрологического модуля. В объем модернизации входили:

- разработка конструкторской документации на дополнительные механические узлы с целью возможности установки автономной насосной системы гидравлической проточной системы КГПИ на экспедиционное судно «Бирюза»;

- изготовление и настройка модернизированного гидрологического модуля STD-Ф.

#### 1.11.8 Разработка КД, изготовление и настройка высокоточного автономного измерителя температуры для полевых условий

С целью контроля измерительных каналов температуры различных гидрофизических комплексов и зондов в полевых и экспедиционных условиях был разработан, изготовлен и настроен высокоточный автономный измеритель температуры с платиновым термометром сопротивления.

#### 1.11.9 Разработка и изготовление STD-зонда для измерения параметров подземных вод

Исходя из существующих в настоящее время возможностей по приобретению комплектующих, материалов и изготовлению механических узлов по STD-зонду был выполнен следующий объем работ:

- изготовлена и настроена плата фазочувствительного нуля-органа;

- изготовлена и настроена плата следящего 16-ти разрядного преобразователя код-напряжение;

- разработана КД и изготовлен первичный измерительный преобразователь электрической проводимости;

- разработана КД на блок датчиков зонда.

#### 1.11.10 Стенд ГХМ. Доработка стенда. Установка ИК температуры. Испытания гидрохимических датчиков O<sub>2</sub>, pH, pS

Выполнена доработка стенда ГХМ и установлен в стенд дополнительный канал измерения температуры. Измерительный канал температуры со стендом подготовлен к градуировке.

#### 1.11.11 Завершение работ по разработке и изготовлению электроники автономной кассеты батометров БА-3 (разработка начата в 2013 г.)

Выполнены изготовление и настройка электроники автономной кассеты батометров. Проведены лабораторные и натурные испытания кассеты.

1.12 Исследование физических механизмов формирования и изменчивости морских систем в результате природных и антропогенных воздействий

1.12.1 Построение модели турбулентного обмена в стратифицированной области для прибрежной зоны Черного моря

Проведена подборка и анализ натуральных и модельных данных распределений скорости диссипации турбулентной диффузии и частоты плавучести в зависимости от глубины в прибрежной части Черного моря с целью получения расчетного профиля коэффициента турбулентной диффузии.

Модельный анализ осредненных данных показал, что зависимость коэффициента турбулентной диффузии имеет следующий характер:

- для верхнего стратифицированного слоя  $K \propto N^{-0,7}$ ;
- для нижнего стратифицированного слоя  $K \propto N^{-0,3}$ .

В данном распределении минимум коэффициента турбулентной диффузии начинался с глубины 70 м и возрастал до максимума – 220 м.

Анализ натуральных данных показал следующее выражение для верхнего стратифицированного слоя:  $K \propto N^{-1,1}$ . В данном распределении коэффициента турбулентной диффузии с глубиной минимум исследуемой величины прослеживался на глубине 100 м и возрастал до своего максимума на глубине 400 м.

Несоответствие анализа модельных и натуральных данных указывает на то, что модельное распределение было получено путем осреднения исследуемых величин за несколько лет.

Результат, полученный для исследуемой зависимости по натурным данным, показал хорошее соответствие с ранее предложенной моделью зависимости коэффициента турбулентной диффузии от частоты Вясяля – Брента для Черного моря в верхнем стратифицированном слое:  $K \propto N^{-1}$ .

Данное исследование предполагает дальнейшее продолжение для выявления причин несоответствия модели.

1.12.2 Усовершенствование многомасштабной модели турбулентного обмена для приповерхностного слоя моря и ее верификация по натурным измерениям

Осуществлена доработка компьютерных программ для статистического и вейвлет-анализа натуральных данных, а также методов компьютерных расчетов при моделировании турбулентности вблизи поверхности моря.

На СОП апробирована новая методика применения измерительного комплекса «Сигма-1» для получения профилей пульсационных гидрофизических величин от поверхности до глубины 20 м с неподвижного основания. В исследованиях на НИС впервые проведены измерения пульсационных величин модернизированным прибором до глубины 300 м.

Проведен анализ несоответствия величин интенсивности турбулентного обмена в приповерхностном квазигомогенном слое теоретическим моделям. Определены наиболее вероятные механизмы генерации турбулентности, не учитываемые в теоретической модели для приповерхностного слоя моря и приводящие к расхождению натуральных измерений и рассчитываемых величин.

Уточнены значения модельных эмпирических коэффициентов и их зависимость от гидрометеорологических условий.

#### 1.12.3 Исследование вертикального переноса импульса инерционно-гравитационными внутренними волнами

Внутренние волны в Гибралтарском проливе достигают больших амплитуд (~15 м) и в этой связи представляется актуальным исследовать нелинейные эффекты при их распространении. При учете турбулентной вязкости, диффузии и вращения Земли, поперечная к направлению распространения волны скорость стокова дрейфа в течениях с вертикальным сдвигом скорости отлична от нуля и на четыре порядка меньше скорости стокова дрейфа вдоль направления распространения волны. На дисперсионных кривых первой и второй моды просматривается влияние критических слоев, где частота волны со сдвигом Доплера равна инерционной. В низкочастотной области в окрестности частоты Кориолиса происходит обрезание дисперсионных кривых, причем частота, на которой происходит обрезание, у второй моды выше, чем у первой. Вертикальные волновые потоки импульса  $\overline{uw}$ ,  $\overline{vw}$  отличны от нуля при учете турбулентной вязкости и диффузии. Волновой поток  $\overline{vw}$  по абсолютной величине превышает  $\overline{uw}$ . Волновой поток  $\overline{uw}$  превышает турбулентный в верхнем двухсотметровом слое. Глубже этот поток либо меньше турбулентного, либо сравним с ним.

#### 1.12.4 Развитие модели средней зависимости коэффициента вертикальной турбулентной диффузии от локальной частоты плавучести в стратифицированном слое Черного моря за счет обрушений внутренних волн

На основе данных микроструктурных измерений в верхнем стратифицированном слое Черного моря в районе Гераклеийского полуострова и использования полуэмпирической модели вертикального обмена, оценена зависимость коэффициента вертикальной турбулентной диффузии от стратификации. Анализ показал, что в холодный сезон (конец ноября) исследуемый слой разделяется здесь на две части: верхнюю, слабо стратифицированную часть и нижнюю, сравнительно сильно стратифицированную часть. Верификация предложенной на-

ми ранее теоретической «спектральной» модели обмена для стратифицированных бассейнов за счет сдвиговой неустойчивости в поле квазиинерционных волн дала на базе анализа измерений следующие результаты. В исследованном слое коэффициент диффузии в нижней, высокоградиентной части слоя оказался таким же, как в соответствующем модельном слое, а в верхней, слабо стратифицированной части слоя он соответствовал модельному соотношению для основного пикноклина. Очевидно, последний результат связан с «критически» пониженным градиентом плотности в обоих сопоставляемых слоях и характерен для других бассейнов в сходных ситуациях, что необходимо проверить на следующих этапах исследований.

2 ЦЕЛЕВЫЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ, ЭВОЛЮЦИИ И АДАПТАЦИИ МОРСКИХ СИСТЕМ, В ТОМ ЧИСЛЕ СРЕДИЗЕМНОГО, ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ, ПОД ВЛИЯНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДОЙ И УСТОЙЧИВОГО РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ, ПРОГНОЗА ЕСТЕСТВЕННЫХ ВАРИАЦИЙ И ВОЗМОЖНЫХ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

2.1 Комплексные натурные исследования в морской среде с целью оценки влияния антропогенной нагрузки и изменений климата на устойчивость гидрохимической структуры Черного моря. Методические работы, первичная обработка и подготовка данных наблюдений

2.1.1 Целевые натурные исследований гидрохимической структуры вод и геохимических характеристик шельфа и глубоководной части Черного моря

В феврале 2015 г. совместно с географическим факультетом МГУ им. М.В Ломоносова проведена экспедиция на акватории Балаклавской бухты в условиях, когда над Гераклейским полуостровом выпало экстремальное количество осадков. Анализ пространственного распределения гидрохимических характеристик показал, что основным источником поступления в бухту биогенных элементов и элементов карбонатной системы является пресноводный сток реки Балаклавки. В условиях сильного юго-западного ветра поступающие со стоком гидрохимические элементы концентрируются в поверхностных водах северной части бухты, не пересекая широту  $44.499^{\circ}$  с.ш.

В июле и сентябре проведены три комплексные экспедиции на НИС «Бирюза» в районе Гераклейского полуострова и Голубого (Лименского) залива. Отработаны методики поиска сточных вод по данным пространственных распределений гидрологических, гидрохимических, гидрооптических характеристик и турбулентного обмена. Обнаружен выход на поверхность сточных вод г. Севастополя в районе Голубой бухты (м. Херсонес).

В ноябре совместно с ИО РАН и ИМБИ РАН проведена комплексная экспедиция в глубоководной части Черного моря в пределах экономической зоны России. Выполнены работы по исследованию пространственного распределения различных океанографических характеристик на вековом разрезе м. Херсонес – пролив Босфор. Поднята одна и установлена одна седиментационная ловушка.

Также во время экспедиции было выполнено вертикальное профилирование колонок донных отложений, отобранных на глубоководных станциях (1800 и 2080 м). Распределение сульфидов в поровых водах донных отложений было неоднородным: в поровых водах донных отложений, отобранных на глубине 1800 м, концентрация сульфидов достигала 500 мкМ/л; вертикальный профиль сульфидов отличался наличием двух максимумов. В поровых водах глубоководной станции (2080 м) концентрация сульфидов достигала 1000 мкМ/л, донные отложения характеризовались сложной структурой с включением мутьевого слоя, что также отражалось в неравномерном вертикальном распределении сульфидов.

2.1.2 Мониторинг гидролого-гидрохимических характеристик Севастопольской бухты и нижнего течения реки Черной

Проведены 2 экспедиции (февраль – совместно с МГУ, сентябрь) на акватории Севастопольской бухты (36 станций) и в нижнем течении р. Черной (10 станций). Установлено, что в период выпадения экстремального количества осадков и сильного юго-западного ветра поступающие со стоком р. Черной гидрохимические элементы концентрируются в поверхностных водах Инкерманской бухты, а содержание их достигает максимальных значений.

2.1.3 Мониторинг концентрации  ${}^7\text{Be}$ ,  ${}^{214}\text{Pb}$  и  ${}^{214}\text{Bi}$  в приземной атмосфере и  ${}^7\text{Be}$  в дождевых осадках севастопольского региона

В 2015 г. продолжены ряды наблюдений концентрации  ${}^7\text{Be}$ ,  ${}^{214}\text{Pb}$  и  ${}^{214}\text{Bi}$  в приземной атмосфере и  ${}^7\text{Be}$  в дождевых осадках Севастопольского региона.

2.1.4 Мониторинг неорганических форм азота, неорганического фосфора и кремния в атмосферных осадках, отобранных в районе г. Севастополя и океанической платформы

В 2015 г. выполнялся мониторинг содержания неорганических форм азота, неорганического фосфора и кремния в атмосферных осадках, отобранных в районе г. Севастополя и океанической платформы в районе пгт Качивели.

2.1.5 Исследование геохимического состава донных отложений в прибрежных акваториях черноморского шельфа

Были определены тяжелые металлы (As, Ti, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, V, Sr, Fe, Mn) в донных отложениях Лименского залива (пробы отобраны в ноябре 2012 г.) и в пробах, отобранных в экспедиции НИС «Бирюза» в районе Гераклеийского полуострова (июль 2015 г.). Тяжелые металлы определялись с помощью рентгенофлуоресцентного анализа на приборе Спектроскан МАКС –G. Построены схемы пространственного распределения исследуемых элементов.

2.1.6 Оценка качества результатов гидролого-гидрохимических экспедиционных исследований 2014 г (Севастопольская бухта и река Черная, платформа Качивели, НИС яхта «Николаев») для их включения в национальный центр океанографических данных

После соответствующей обработки в Банк данных переданы массивы данных различных гидрохимических показателей, полученные в ходе трех экспедиций на стационарную океанографическую платформу и четырех съемок по бухте и р. Черной, а также на НИС яхта «Николаев», выполненных в 2014 г.

2.1.7 Адаптация методики определения растворенного неорганического фосфора и кремния для проб атмосферных осадков. Валидация методики определения общего фосфора во взвешенном веществе морских вод

При фотометрическом определении растворенного неорганического кремния и фосфора в дождевых осадках учтено влияние наличия взвеси на оптическую плотность исследуемого раствора. Установлено, что подкисление дождевых осадков в ходе анализа незначительно влияет на растворимость взвеси.

2.1.8 Модификация методики расчета компонентов карбонатной системы вод глубоководной части Черного моря с учетом гидростатического давления и сульфидной составляющей общей щелочности для анаэробной зоны

Было выполнено предварительное вычисление концентраций сероводорода исходя из их зависимости от условной плотности для применения полученных значений при расчете компонентов карбонатной системы анаэробной зоны моря с учетом гидросульфидной составляющей общей щелочности, как одной из исходных величин для расчета. Получена предварительная функция аппроксимации.

2.1.9 Адаптация методики расчета потоков углекислого газа на границе «вода – атмосфера» с учетом имеющихся в распоряжении натуральных данных на основе обзора опубликованных методов расчета

Был произведен анализ существующих методик расчета потоков  $\text{CO}_2$  на границе «вода – атмосфера». В настоящее время принято промежуточное решение продолжать производить расчеты по используемой ранее методике до проведения эксперимента по прямому измерению потока газа.

2.1.10 Развитие программного обеспечения для оценки экологического статуса прибрежных акваторий на примере Севастопольской бухты. Совершенствование модулей визуализации и экспорта данных. Адаптация их к широкому использованию

Разработана рабочая версия программы оценки экологического статуса Севастопольской бухты, реализующая расчет индексов и показателей оценки состояния водной среды, донных отложений и степени трансформации естественно-природных циклов. В атлас загружены данные съемок 2015 г. Осуществлена проверка версии программы на конечном пользователе в целях адаптации к широкому использованию. Рассчитан показатель трофического состояния Севастопольской бухты по данным за период 2004 – 2014 гг.

### 2.1.11 Изготовление двухкристального датчика для гамма-спектрометрического анализа

Разработан и изготовлен гамма-спектрометр с двухкристальным датчиком. Сигнал с каждого датчика, в зависимости от выбранного режима, поступает на сумматор, дискриминаторы, схемы совпадений и антисовпадений, а затем на многоканальный амплитудный анализатор.

### 2.2 Исследование и количественные характеристики взаимосвязей явлений и процессов, определяющих и контролирующее функционирование морских экосистем на физическом, химическом и биогеохимическом уровне, с учетом циклов основных элементов (углерод, кислород, азот, фосфор, сера, марганец, железо) и потоков на границах

#### 2.2.1 Исследование влияния метеорологических и геологических процессов на концентрации $^{214}\text{Pb}$ и $^{214}\text{Bi}$ в приземной атмосфере севастопольского региона

Проведен анализ данных наблюдений по концентрации  $^{214}\text{Pb}$  и  $^{214}\text{Bi}$  на атмосферных аэрозолях в период 2007 – 2014 гг. Было сделано предположение, что увеличение концентрации радионуклидов за рассматриваемый период произошло за счет изменения эксгаляции радона.

#### 2.2.2 Исследование влияния изменения интенсивности осадков на величину влажного потока $^7\text{Be}$ .

Получена функциональная зависимость коэффициента вымывания  $^7\text{Be}$  от количества выпадающих осадков на основе использования результатов мониторинга содержания радионуклида на атмосферных аэрозолях и во влажных выпадениях, а также данных о временной изменчивости сумм атмосферных осадков.

#### 2.2.3 Исследование зависимостей содержания биогенных элементов в атмосферных выпадениях от условий их формирования. Оценка потоков биогенных элементов (фосфора и кремния) и неорганических форм азота на поверхность Черного моря в районе пгт Кацивели. Оценка влияния локального источника биогенных элементов на уровень их содержания в атмосферных выпадениях

Исследована зависимость количественного состава атмосферных выпадений от метеоусловий, при которых формировались выпадения. Наблюдалось уменьшение содержания кремния и неорганического азота в атмосферных выпадениях при увеличении количества осадков, обратная зависимость концентрации этих биогенных веществ в осадках от относительной влажности воздуха. Зависимость содержания биогенных элементов от скорости ветра описывается полиномом 3-й степени. Корреляционный анализ не выявил устойчивых корреляционных связей концентрации неорганического фосфора с метеорологическими факторами.

2.2.4 Исследование влияния океанологических процессов на гидрохимические характеристики речного плюма в полузамкнутой прибрежной акватории на примере Севастопольской бухты у устья р. Черной.

Изучено влияние вод р. Черная на гидрохимические характеристики вод приустьевой зоны Севастопольской бухты с учетом данных 2009 – 2015 гг. по концентрации ионов аммония и содержанию общего неорганического углерода ( $\text{TCO}_2$ ). Определено, что воды р. Черной не оказывают существенное влияние на гидрохимические характеристики вод Севастопольской бухты, в акватории бухты отсутствует постоянный речной плюм. Влияние речных вод на воды бухты в каждом случае определяется гидрологической и метеорологической обстановкой в момент съемки.

2.2.5 Исследование процессов и особенностей формирования пространственного распределения биогенных элементов в приустьевом районе Дуная по данным экспедиций МГИ 1997 – 2011 гг.

Представлены результаты анализа пространственного распределения элементов главного биогенного цикла в водах приустьевого взморья Дуная, выполненного по данным экспедиционных исследований, проведенных Морским гидрофизическим институтом в 1997 – 2013 гг. Показано, как величина насыщения вод кислородом качественно сказывается на содержании элементов главного биогенного цикла в водах приустьевого района Дуная.

2.2.6 Изучение изменчивости химических свойств донных осадков шельфа Крыма в зонах постоянного антропогенного воздействия по результатам исследования физико-химической и химической структуры осадков

Выполнено исследование физико-химической и химической структуры осадков Балаклавской бухты. По результатам экспедиционных исследований 2015 г. получены новые результаты исследований вещественного (органический углерод и  $\text{CaCO}_3$ ) и гранулометрического состава донных отложений Балаклавской бухты.

2.3 Оценка современного состояния и многолетних изменений природных циклов в морской среде, возможных изменений интенсивности процессов под влиянием антропогенной нагрузки и изменений климата

2.3.1 Оценка современного состояния и изменений характеристик карбонатной системы, содержания кислорода, а также потоков  $\text{CO}_2$  на границе с атмосферой в районе стационарной океанографической платформы (пгт Качивели)

Получены характеристики состояния и изменений соотношения элементов карбонатной системы и потоков  $\text{CO}_2$  на границе с атмосферой в районе стационарной океанографической платформы. Показано, что поток  $\text{CO}_2$  направлен из атмосферы в воду в зимний период,

тогда как в весенне-летний период поток  $\text{CO}_2$  направлен преимущественно из воды в атмосферу. При этом основным регулирующим фактором является температура воды.

2.3.2 Оценка составляющих бюджета кислорода по результатам экспедиционных наблюдений на стационарной океанографической платформе Морского гидрофизического полигона (пгт Кацивели)

Получены количественные оценки составляющих бюджета кислорода по результатам экспедиционных наблюдений.

2.3.3 Исследование пространственной и временной изменчивости потоков кислорода и сероводорода на границе с донными отложениями глубоководной части и прибрежных районов Черного моря с помощью данных полярографического анализа.

Выполнено исследование пространственной и временной изменчивости потоков кислорода и сероводорода на границе с донными отложениями глубоководной части и прибрежных районов Черного моря. Показано, что направление и величина потока, а также глубина проникновения кислорода и появления сероводорода в донных отложениях определяются преимущественно такими характеристиками, как гранулометрический состав донных отложений, содержание органического углерода в донных отложениях, содержание кислорода в придонном слое вод.

2.3.4 Изучение процесса трансформации поля концентрации  $^7\text{Be}$  на синоптическом масштабе времени по результатам численных экспериментов. Выделение доминирующих факторов и исследование их пространственно-временной изменчивости.

Получены количественные оценки вклада различных факторов в формирование поля  $^7\text{Be}$  в поверхностном слое вод Черного моря.

2.3.5 Ре-анализ пространственно-временных распределений компонентов карбонатной системы вод открытой части Черного моря с использованием программного обеспечения, разработанного в МГИ и позволяющего оценить качества данных для построения средних региональных профилей и полей распределения, визуализацию и экспорт данных

Построены характерные профили и поля распределений компонентов карбонатной системы вод Черного моря, рассчитанных по натурным данным pH и Alk, прошедших проверку качества. Получены количественные оценки трансформации компонентов карбонатной системы и pH вод Черного моря с 1932 по 2013 г. Выполнены оценки роста концентрации растворенного углекислого газа и изменения pH вод Черного моря.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работ по проекту в 2015 г. получены следующие основные результаты.

Созданы годовые наборы натуральных данных – направление и скорость ветра, температура, атмосферное давление и уровень моря по данным измерений на автоматизированных постах наблюдения на гидрофизическом полигоне, стационарной океанографической платформе и в поселке Любимовка.

Показана пригодность численной негидростатической модели ИВМ для изучения взаимодействия баротропных и бароклинных приливов с особенностями рельефа дна Черного и Азовского морей.

По модели качества вод МЕССА рассчитана динамика годового хода фитопланктона, фосфора фосфатов и азота аммония, нитритов и нитратов при сбросе теплой воды ГРЭС в Севастопольскую бухту.

Выделены характерные типы синоптических ситуаций (типы барических полей, приводящие к сильным и устойчивым ветрам), которые ведут к развитию сгонно-нагонных явлений в Азовском море и штормовым нагонам в дельте реки Дон.

Изучено влияние конфигурации береговой черты западного побережья Черного моря и топографии дна с реальным рельефом на распространение распресненных вод и эволюцию гидрофронта в различные сезоны года.

Разработана методика измерений субмаринной разгрузки подземных вод, которая позволила на расширенном полигоне определить участок, перспективный для их поиска.

Выполнена оценка причин катастрофического паводка на р. Адагум 6 – 7 июля 2012 г. с помощью гидравлической модели речного стока.

Изучены пути оптимизации сети мониторинга качества воды рек Севастопольского региона с целью эффективного выполнения оперативной и перспективной экологической оценки водных ресурсов.

Дана оценка уровня загрязненности акватории Севастопольской бухты и показано, что наиболее проблемной ее частью является Южная бухта. В результате модельных расчетов установлено, что уровень загрязненности акватории Южной бухты нитритами и нитратами на несколько порядков превышает уровень загрязненности Севастопольской бухты.

Получены оценки ассимиляционной емкости экосистемы акватории Южной бухты по отношению к неорганическим формам азота, как основным загрязняющим веществам в ливневых и муниципальных стоках.

Проведена обработка данных измерительного комплекса «Донная станция» с целью исследования потоков прибрежных наносов для различной интенсивности ветровых волн.

В рамках осуществления мониторинга берегов Крыма на стационарных опорных полигонах выполнены измерения положения береговой линии. Проведен оперативный мониторинг последствий паводкового сброса, произошедшего на реках Западного Крыма (Альма, Кача и Бельбек) в результате выпадения аномального количества атмосферных осадков в мае 2015 г.

Проведена систематизация и предварительная обработка данных натурных наблюдений за литодинамическими процессами в береговой зоне Западного Крыма. Получены количественные оценки пространственной и временной изменчивости морфометрических характеристик пляжей и приурезовой части подводного берегового склона. Выделены основные тенденции развития литодинамических процессов на опорных полигонах.

Уточнены возможные схемы вдольберегового перераспределения объемов наносов в современном этапе развития литодинамической системы береговой зоны Западного Крыма. Оценена динамика природной изменчивости пляжей с учетом массопереноса на морской границе пляжа.

Проведены исследования структурных изменений морского устья реки Чёрной и уточнены его границы. Дана оценка влияния хозяйственной деятельности на протяженность морского устья реки Чёрной;

Подтвержден продолжающийся рост солености рапы в исследуемом участке залива Сиваш, который связан с перекрытием Северо-Крымского канала и искусственным уменьшением стока р. Салгир.

Проведена модернизация комплекса гидрофизических попутных измерений, разработан STD-зонд для измерения параметров подземных вод.

Продолжались работы по созданию измерителя температуры и электропроводности для позиционных измерительных средств морских наблюдательных систем. Продолжены работы по созданию электромагнитного измерителя течений

Исследованы источники и оптические характеристики аэрозоля во время события пылевой бури в 2015 году.

Реализован доступ к вычислительным ресурсам суперкомпьютерного комплекса МГУ имени М.В. Ломоносова.

На основе численной модели динамики МГИ, дополненной блоком расчета кинетической и потенциальной энергии, проведены прогностические расчеты циркуляции Черного и Мраморного морей с высоким пространственным разрешением.

Предложена модель турбулентного трения за счет перемешивающего воздействия индуцированной ветровыми волнами завихренности.

Создана база данных оптических спутниковых снимков повышенного разрешения, где наблюдаются внутренние волны, течения, фронты.

Выполнен численный анализ распространения пространственных поверхностных длинных волн в каналах переменного поперечного сечения и в бухтах различной геометрии. Даны оценки амплитудных характеристик волн и закономерности трансформации волновых полей с учетом изменений батиметрии водоемов.

Продолжено изучение процесса генерации колебаний в полуограниченном морском бассейне, вызванных действием движущегося барического фронта.

С помощью совместной модели ADCIRC+SWAN выполнено численное моделирование штормовых нагонов и ветрового волнения в Таганрогском заливе Азовского моря и исследованы механизмы затопления дельты Дона.

Определены режимные и экстремальные характеристики волн в районе заповедника «Херсонес Таврический». Выполнено моделирование волновых течений на основе модели XBeach для береговой зоны заповедника «Херсонес Таврический». Определены интенсивность и пространственная структура волновых течений для ветрового волнения различной повторяемости.

Исследовалось влияние штормовых нагонов на ветровое волнение, генерируемое однородными по пространству ветрами восьми основных румбов в бассейне Азовского моря.

Выполнено исследование эволюции свободных волн в Азовском море, возникающих после прекращения длительно действующего ветра. Получены физические закономерности свободных колебаний жидкости в Азовском море, возникающие после прекращения действия постоянного ветра.

Построена пространственно-временная модель экосистемы северо-западного шельфа Черного моря.

Создана имитационная модель управления уровнем загрязнения природной среды и экономической рентабельностью производства рекреационных услуг в прибрежной зоне моря с учетом сезонных условий и природоохранных действий.

Выполнены численные эксперименты по отладке объектно-ориентированной модели роста мидий для проведения расчетов по району Севастопольской бухты.

Проведена подборка и анализ натуральных и модельных данных распределений скорости диссипации турбулентной диффузии и частоты плавучести в зависимости от глубины в прибрежной части Черного моря с целью получения расчетного профиля коэффициента турбулентной диффузии.

На основе данных микроструктурных измерений в верхнем стратифицированном слое Черного моря в районе Гераклейского полуострова и использования полуэмпирической модели вертикального обмена, оценена зависимость коэффициента вертикальной турбулентной диффузии от стратификации.

Установлено, что в период выпадения экстремального количества осадков и сильного юго-западного ветра поступающие со стоком р. Черной гидрохимические элементы концентрируются в поверхностных водах Инкерманской бухты, а содержание их достигает максимальных значений.

Продолжены ряды наблюдений концентрации  $^7\text{Be}$ ,  $^{214}\text{Pb}$  и  $^{214}\text{Bi}$  в приземной атмосфере и  $^7\text{Be}$  в дождевых осадках Севастопольского региона.

Выполнялся мониторинг содержания неорганических форм азота, неорганического фосфора и кремния в атмосферных осадках, отобранных в районе г. Севастополя и океанической платформы в районе пгт Качивели.

Выполнено предварительное вычисление концентраций сероводорода исходя из их зависимости от условной плотности для применения полученных значений при расчете компонентов карбонатной системы анаэробной зоны моря с учетом гидросульфидной составляющей общей щелочности.

Разработана рабочая версия программы оценки экологического статуса Севастопольской бухты, реализующая расчет индексов и показателей оценки состояния водной среды, донных отложений и степени трансформации естественно-природных циклов.

Разработан и изготовлен гамма-спектрометр с двухкристальным датчиком.

Проведен анализ данных наблюдений по концентрации  $^{214}\text{Pb}$  и  $^{214}\text{Bi}$  на атмосферных аэрозолях в период 2007 – 2014 гг.

Получена функциональная зависимость коэффициента вымывания  $^7\text{Be}$  от количества выпадающих осадков.

Исследована зависимость количественного состава атмосферных выпадений от метеоусловий, при которых формировались выпадения.

Изучено влияние вод р. Черная на гидрохимические характеристики вод приустьевой зоны Севастопольской бухты

Выполнено исследование физико-химической и химической структуры осадков Балаклавской бухты.

Получены характеристики состояния и изменений соотношения элементов карбонатной системы и потоков  $\text{CO}_2$  на границе с атмосферой в районе стационарной океанографической платформы.

Выполнено исследование пространственной и временной изменчивости потоков кислорода и сероводорода на границе с донными отложениями глубоководной части и прибрежных районов Черного моря.

Получены количественные оценки вклада различных факторов в формирование поля  $^7\text{Be}$  в поверхностном слое вод Черного моря.

Получены количественные оценки трансформации компонентов карбонатной системы и рН вод Черного моря с 1932 по 2013 г. Выполнены оценки роста концентрации растворенного углекислого газа и изменения рН вод Черного моря.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Научные публикации по проекту в рецензируемых рейтинговых изданиях, индексируемых в цитатно-аналитических базах данных WOS, SCOPUS и РИНЦ

1 Fomin V., Goryachkin Y., Kharitonova L., Lasorenko D., Alekseev D. Numeral Modelling of Shoreline Changes for Yevpatoria, Crimea // Proceedings of the Twelfth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment MEDCOAST' 2015, (6 – 10 October 2015, Varna, Bulgaria) / Ed. E.Ozhan. – V. 2. – P. 737 – 744.

2 Leckler F., Ardhuin F., Peureux Ch., Benetazzo A., Bergamasco F., Dulov V. Analysis and Interpretation of Frequency–Wavenumber Spectra of Young Wind Waves // Journal of Physical Oceanography. – 2015. – V. 45, issue 10. – P. 2484 – 2496. DOI: 10.1175/JPO-D-14-0237.1.

3 Maderich V., Ilyin Y., Lemeshko E. Seasonal and interannual variability of the water exchange in the Turkish Straits System estimated by modelling // Medit. Mar. Sci. – 2015.– 16/2.– P. 444 – 459.

4 Nosova A.V., Slepyshev A.A. Vertical fluxes induced by weakly nonlinear internal waves on a shelf // Fluid Dynamics. – 2015. – V. 50, # 1. – P. 12 – 21.

5 Min'kovskaya R.Ya. Zoning the marine river estuaries based on water salinity variability // Russian Meteorology and Hydrology. – 2015. – V. 9. – P. 619 – 628.

6 Ovsyanyi E.I., Konovalov S.K., Mitropol'skii A.Yu., Kotel'yanets E.A. Organic Carbon and Carbonates in the Recent Bottom Sediments of the Kerch Strait // Geochemistry International. – 2015. – V. 53, #12. – P. 1123 – 1133.

7 Sovga E, Mezentseva I., Verzhevskaja L. Assimilation Capacity of the Ecosystem of Sevastopol Bay // Proceedings of the Twelfth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment MEDCOAST' 2015 (6 – 10 October 2015, Varna, Bulgaria) / Ed. E.Ozhan. – V. 1. – P. 317 – 326.

8 Crise A., ...Lemeshko E., et.al. A MSFD complementary approach for the assessment of pressures, knowledge and data gaps in Southern European Seas: The PERSEUS experience // Marine Pollution Bulletin. – 2015. – V. 95, Issue 1. – P. 28 – 39.

9 Varenik A., Konovalov S., Stanichny S. Quantifying importance and scaling effects of atmospheric deposition of inorganic fixed nitrogen for the eutrophic Black Sea // Biogeosciences. – 2015. – V. 12, # 21. – P. 6479 – 6491. Doi:10.5194/bg-12-6479.

10 Chepyzhenko A.A., Chepyzhenko A.I., Kushnir V.M. Strait of Kerch water structure derived from the data of contact measurements and satellite imagery // Oceanology. – 2015. – V. 55, Issue 1. – P. 47 – 55.

11 Архипова О.Е., Шевердяев И.В., Краевский К.Е. Подход к подготовке входных данных для гидрологической модели НЕС // Экология. Экономика. Информатика. Т. 3: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. Сб. статей. Из-во Южного федерального университета. Ростов-на-Дону, 2015. – С. 256 – 261.

12 Базыкина А.Ю., Доценко С.Ф. Нелинейные эффекты при распространении длинных поверхностных волн в каналах переменного поперечного сечения // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – № 4. – С. 3.

13 Базыкина А.Ю., Доценко С.Ф. Применение каналовой модели для описания распространения одиночных волн типа цунами в проливе Босфор // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – № 1. – С. 29 – 41.

14 Белокопытов В.Н., Никольский Н.В. Устойчивые антициклонические вихри у южного и западного побережья Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2015. – № 1. – С. 47 – 53.

15 Горячкин Ю.Н. Актуальные проблемы берегов Крыма // Гидротехника. – 2015. – № 4. – С. 54 – 61.

16 Горячкин Ю.Н. Проблемы природопользования в береговой зоне Крымского полуострова // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2015. – № 1. – С. 5 – 11.

17 Гулов К.И., Овсяный Е.И., Котельянец Е.А., Коновалов С.К. Факторы формирования и отличительные особенности физико-химических характеристик донных отложений Балаклавской бухты (Черное море) // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – № 4. – С. 51 – 58.

18 Довгая С.В. Влияние атмосферного возмущения на циркуляцию вод Мраморного моря // Экология. Экономика. Информатика. Т.2: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. Сб. статей. Из-во Южного федерального университета. Ростов-на-Дону, 2015. – С. 556 – 561.

19 Долотов В.В., Долотов А.В. Концепция построения системы мониторинга антропогенных воздействий на шельфовые зоны моря // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – № 6 – С. 34.

20 Дулов В.А., Юровская М.В., Козлов И.Е. Прибрежная зона Севастополя на спутниковых снимках высокого разрешения // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – № 6 – С. 43.

- 21 Иванов В.А., Багаев А.В., Дымова О.А., Пластун Т.В. Статистический анализ и численное моделирование осцилляций гидродинамических параметров моря в субинерционном диапазоне на шельфе Крыма // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – № 6 – С. 61.
- 22 Иванов В.А., Багаев А.В., Зима В.В. Статистический анализ данных контактных измерений короткопериодной изменчивости параметров морской среды на шельфе Крыма в летний период // Экология, экономика, информатика: сб. статей в 3 т. / Под ред. Г.Г. Матишова и др. – Т. 2: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем.– Южный федеральный университет, 2015.– С. 569 – 580.
- 23 Иванов В.А., Мезенцева И.В., Совга Е.Е., Слепчук К.А., Хмара Т.В. Оценки самоочищающей способности экосистемы Севастопольской бухты по отношению к неорганическим формам азота // Процессы в геосредах. – 2015. – № 2. – С. 55 – 66.
- 24 Иванов В.А., Черкесов Л.В., Шульга Т.Я. Исследование свободных колебаний уровня Азовского моря, возникающих после прекращения длительного действия ветра // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – № 2. – С. 15 – 24.
- 25 Калинин Д.В., Суслин В.С. Простая методика определения источников приземного аэрозоля на основе результатов анализа обратных траекторий // Фундаментальная и прикладная гидрофизика.– 2015.– № 1. – С. 59 – 69.
- 26 Кондратьев С.И. Особенности пространственного распределения элементов главного биогенного цикла в водах приустьевых взморья Дуная в 1997 – 2013 годах // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – № 5. – С. 35 – 52.
- 27 Кочергин В.С., Кочергин С.В. Идентификация мощности источника загрязнения в Казантипском заливе на основе применения вариационного алгоритма // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – № 2. – С. 79 – 88.
- 28 Кузнецов С.Ю., Сапрыкина Я.В., Дулов В.А., Чухарев А.М. Турбулентность, индуцируемая штормовыми волнами на глубокой воде // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – № 2. – С. 60 – 78.
- 29 Лемешко Е.Е., Репина И.А., Лемешко Е.М. Исследование межгодовой изменчивости проявлений апвеллинга и ее связи с крупномасштабными атмосферными процессами // Экология, экономика, информатика. Том 1: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. Сборник статей. – Ростов на Дону, 2015. – С. 304 – 308.
- 30 Маньковский В.И. Желтое вещество в поверхностных водах восточной части Тропической Атлантики // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – № 3 – С. 53.
- 31 Миньковская Р.Я. Районирование морских устьев рек по изменчивости солёности воды // Метеорология и гидрология. – 2015. – Вып. 9. – С. 76 – 88.

32 Рогожкин В.В., Вализер Н.А., Потапов К.А., Шеволдин А.В., Прусов А.В., Горынин В.И., Коленов Е.В. Пресная вода для Крыма и Севастополя // Энергия. – 2015. – № 8. – С. 30 – 37.

33 Самодуров А.С., Чухарев А.М., Кульша О.Е. Режимы вертикального турбулентного обмена в верхнем стратифицированном слое Черного моря в районе Гераклейского полуострова // Процессы в геосредах. – 2015. – № 3. – С. 63 – 69.

34 Самодуров А.С., Чухарев А.М., Зубов А.Г., Павленко О.И. Структурообразование и вертикальный турбулентный обмен в прибрежной зоне Севастопольского региона // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – № 6 – С. 3.

35 Слепышев А.А. Вертикальные потоки, обусловленные слабонелинейными внутренними волнами в бароклинном течении // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – № 1. – С. 64 – 78.

36 Тимченко И.Е., Иващенко И.К., Игумнова Е.М. Управление интегральными эколого-экономическими процессами в системе «Берег – море» // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – № 3 – С. 62.

37 Тимченко И.Е., Иващенко И.К., Игумнова Е.М. Управление интегральными эколого-экономическими процессами в системе «Берег – море» при сохранении качества морской среды // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – № 5. – С. 73.

38 Удовик В.Ф., Горячкин Ю.Н. Оценки межгодовой изменчивости вдольберегового транспорта наносов на участке береговой зоны от Севастополя до Евпатории // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2015. – № 1. – С. 55 – 66.

39 Фомин В.В., Лазоренко Д.И., Алексеев Д.В., Полозок А.А. Штормовые нагоны в Таганрогском заливе и затопление дельты Дона // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2015. – № 1. – С. 75 – 83.

40 Фомин В.В., Полозок А.А., Фомина И.Н. Моделирование циркуляции вод Азовского моря с учетом речного стока // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – № 1. – С. 16 – 28.

41 Харитонова Л.В., Иванча Е.В., Алексеев Д.В. Влияние штормовых нагонов и ветровых волн на морфодинамические процессы в районе Бакальской косы // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – № 1. – С. 79 – 90.

42 Цыганова М.В., Хартиев С.М., Лемешко Е.М., Рябцев Ю.Н. Исследование прибрежной циркуляции вод шельфа в районе дельты Дуная на основе численного моделирования // Сборник статей «Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем». Т. 1. – Ростов-на-Дону, 2015. – С. 304 – 308.

43 Черкесов Л.В., Манилюк Ю.В. Свободные колебания жидкости в ограниченном морском бассейне // Экология. Экономика. Информатика. Т.2: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. Сб. статей. – Ростов-на-Дону: Из-во Южного федерального университета, 2015. – С. 678 – 689.

44 Черкесов Л.В., Шульга Т.Я. Численный анализ пространственной структуры свободных колебаний в Азовском море // Экология. Экономика. Информатика. Т.2: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. Сб. статей. – Ростов-на-Дону: Из-во Южного федерального университета, 2015. – С. 689 – 699.

45 Юровский Ю.Ю., Сергиевская И.А., Ермаков С.А., Шапрон Б., Капустин И.А., Шомина О.В. Влияние обрушений ветровых волн на обратное рассеяние миллиметровых радиоволн морской поверхностью // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – № 4 – С. 37.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Публикации по проекту в материалах научных мероприятий

- 1 Багатинский В.А., Слепышев А.А. Перенос импульса инерционно-гравитационными внутренними волнами в Гибралтарском проливе // «Геофизика-2015» X Международная научно-практическая конкурс-конференция молодых специалистов, 5-9 октября 2015 г. Тезисы докладов. – СПб.: СПбГУ, изд-во ВВМ, 2015. – С. 97.
- 2 Багатинский В.А., Слепышев А.А. Вертикальный перенос импульса слабонелинейными инерционно-гравитационными внутренними волнами в Гибралтарском проливе // Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах. Международная научная школа молодых учёных ИПМех РАН, 11-13 ноября 2015 г. Тезисы докладов. Москва: изд-во ООО «МАКС Пресс», 2015. – С. 34 – 36.
- 3 Богуславский А.С., Казаков С.И., Кузнецов А.С. Факторы формирования галечных пляжей береговой зоны Горного Крыма // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь, 16 – 18 сентября 2015 г.). – С. 51 – 52.
- 4 Богуславский А.С., Казаков С.И., Кузнецов А.С. Факторы геоэкологических опасностей береговой зоны Горного Крыма // Сб. научн. работ XIII Международной научно-практической конференции «Современные концепции научных исследований», Евразийский Союз Ученых. – Ч. 11, № 4. – Москва, 2015. – С. 109 – 112.
- 5 Воротников Д.И., Слепышев А.А. Волновые потоки, обусловленные инерционно-гравитационными внутренними волнами // «Геофизика-2015» X Международная научно-практическая конкурс-конференция молодых специалистов, 5-9 октября 2015 г. Тезисы докладов. – СПб.: СПбГУ, изд-во ВВМ, 2015. – С. 100.
- 6 Воротников Д.И., Слепышев А.А. Вертикальные потоки, обусловленные инерционно-гравитационными внутренними волнами на шельфе // Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах. Международная научная школа молодых учёных ИПМех РАН, 11-13 ноября 2015 г. Тезисы докладов. Москва: изд-во ООО «МАКС Пресс», 2015. – С. 55 – 57.
- 7 Глобина Л.В. Особенности распределения коэффициента турбулентной диффузии для верхнего стратифицированного слоя океана // «Pontus Euxinus 2015»: тезисы IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, Севастополь: DigitPrint, 2015. – С. 45 – 46, (<http://imbr-ras.ru>).

8 Глобина Л.В. Распределение коэффициента вертикальной турбулентной диффузии для различных естественных бассейнов мирового океана // «Морские исследования и образование MARESEDU-2015»: тезисы IV международной научно-практической конференции, Москва, 2015. – С.244 – 245, (<http://www.maresedu.com>).

9 Горячкин Ю.Н., Долотов В.В. О естественной изменчивости пляжей Западного Крыма // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь: МГИ, 16 – 18 сентября 2015 г.). – С. 119 – 120.

10 Горячкин Ю.Н., Удовик В.Ф., Михайличенко С.Ю. Научные рекомендации для разработки проекта защиты берегов заповедника «Херсонес Таврический» // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь: МГИ, 16 – 18 сентября 2015 г.). – С. 46 – 48.

11 Горячкин Ю.Н., Харитонов Л.В., Лазоренко Д.И., Фомин В.В. Возможный вариант решения проблемы восстановления пляжей Евпатории // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь: МГИ, 16 – 18 сентября 2015 г.). – С. 35 – 36.

12 Горячкин Ю.Н. Проблемы береговой зоны Крымского полуострова // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь: МГИ, 16 – 18 сентября 2015 г.). – С. 9 – 11.

13 Гуров К.И., Овсяный Е.И., Коновалов С.К. Особенности физико-химических характеристик донных отложений Балаклавской бухты // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь: МГИ, 16 – 18 сентября 2015 г.). – С. 121 – 123.

14 Довгая С.В., Демьшев С.Г. Циркуляция вод Мраморного моря // Материалы XXIII Международной научно-технической конференции «Прикладные задачи математики» (г. Севастополь, 14 – 18 сентября 2015 г.). – С. 69 – 73.

15 Долотов А.В., Горячкин Ю.Н. Некоторые результаты подготовки детальных цифровых массивов прибрежной зоны Крыма // Материалы Научной конференции «Ломоносовские чтения» 2015 года / Под ред. М.Э. Соколова, В.А. Иванова, Н.Н. Миленко, В.В. Хапаева, Н.В. Величко. – Севастополь: ООО «Экспресс-печать», 2015. – С. 32 – 33.

16 Долотов А.В., Долотов В.В. Статистический анализ пространственных изменений береговой линии пляжа пос. Любимовка // Тезисы докладов научно-практической конферен-

ции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь: МГИ, 16 – 18 сентября 2015 г.). – С. 123 – 124.

17 Долотов А.В., Горячкин Ю.Н. Цифровой Крым: детальный цифровой массив координат береговой линии побережья Крымского полуострова // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь: МГИ, 16 – 18 сентября 2015 г.). – С. 124 – 126.

18 Долотов В.В., Шкляр А.А. Объемный метод оценки временной динамики пляжей // Материалы международной конференция ИнтерКарто/ИнтерГИС-21 (16 – 19 ноября 2015 г. Краснодар). – С. 416 – 419.

19 Доценко С.Ф., Базыкина А.Ю. Нелинейные эффекты при распространении длинных волн в морских каналах // Тезисы IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Pontus Euxinus -2015» по проблемам водных экосистем. – Севастополь 17-20 ноября 2015 г. – ФГБУН «ИнМБИ им. А.О. Ковалевского РАН» – Севастополь, 2015. – С. 57–58.

20 Евстигнеева Н.А., Маркова Н.В. Численный эксперимент по моделированию течений у восточного берега Крыма // Материалы X международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире». – Санкт-Петербург, 2015. – С. 42 – 44.

21 Иванов В.А., Краевский К.Е, Лемешко Е.М., Прусов А.В. Моделирование сценариев развития катастрофических паводков на горных реках Азово-Черноморского бассейна // Тезисы конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (МГИ РАН, 16 – 18 сентября 2015).– Севастополь, 2015.– С. 100.

22 Иванов В.А., Лемешко Е.М., Краевский К.Е., Прусов А.В., Шокуров М.В. Реконструкция событий экстремальных паводков в регионе Южного берега Крыма на основе моделей атмосферной циркуляции и речного стока // Доклад на 17 конгрессе Международного научно-промышленного форума «Великие реки-2015» (экологическая, гидрометеорологическая, энергетическая безопасность), 19 – 22 мая 2015 г., Н.Новгород.

23 Иванов В.А., Слепчук К.А., Багаев А.В. Моделирование влияния антропогенных тепловых сбросов на состояние экосистемы Севастопольской бухты // Тезисы конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (МГИ РАН, 16 – 18 сентября 2015).– Севастополь, 2015. – С. 97 – 99.

24 Казаков С.И., Кузнецов А.С., Долотов В.В. Информационная система Черноморского гидрофизического полигона (ЧГП) как элемент мониторинга состояния береговой (пляжной) зоны ЮБК в районе м. Кикинеиз // Тезисы докладов научно-практической конфе-

рениции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь, 16 – 18 сентября 2015 г.). – С. 66 – 67.

25 Казанкова И.И., Васечкина Е.Ф. Индивидуальная изменчивость функциональных характеристик мидии *mytilus galloprovincialis lam.* в экспериментах // В сборнике: Промысловые беспозвоночные сборник материалов VIII Всероссийской научной конференции. Калининград. – 2015. – С. 226-228.

26 Калининская Д.В., Суслин В.С. Определение источников аэрозоля в приземном слое атмосферы по данным анализа траекторий воздушных масс ВТА AERONET // Труды VIII Международной конференции «Современные проблемы оптики естественных сред». – Санкт-Петербург, 2015. – С. 215 – 219.

27 Калининская Д.В., Суслин В.В. Исследование свойств аэрозолей над Чёрным морем во время события пылевой бури 2015 года // Сборник тезисов конференции «Понт Эвксинский». – Севастополь, 2015.

28 Корчемкина Е.Н., Шибанов Е.Б. Использование данных сети AERONET для атмосферной коррекции спутниковых измерений // Труды VIII Международной конференции «Современные проблемы оптики естественных сред». – Санкт-Петербург, 2015. – С. 176 – 179.

29 Козловская О.Н., Вареник А.В. Оценка поступления кремния с атмосферными осадками на поверхность Черного моря в районе пос. Кацивели // Материалы научной конференции (с международным участием) «Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод» (Ростов-на-Дону, 8 – 10 сентября 2015 г.). – Ч. 2. – Ростов-на-Дону, 2015. – 420 с.

30 Козловская О.Н., Вареник А.В. Развитие системы мониторинга поступления биогенных элементов (неорганического азота и кремния) с атмосферными осадками на поверхность Черного моря // Обеспечение гидрометеорологической и экологической безопасности морской деятельности / Материалы международной научно-практической конференции - г. Астрахань, 16-17 октября 2015 г. - г. Астрахань, 2015, с. 53–55.

31 Кондратьев С.И., Козловская О.Н. Содержание биогенных элементов и растворенного кислорода в поверхностных водах экологически чистого района шельфа Крыма в 2012 – 2014 гг. // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь: МГИ, 16 – 18 сентября 2015 г.). – С. 86 – 88.

32 Корчемкина Е.Н., Шибанов Е.Б. Применение данных сети AERONET для коррекции спектров коэффициента яркости моря // Материалы X Международной научно-

практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире». – Том 1. – Санкт-Петербург, 2015. – С. 39 – 43.

33 Кочергин В.С., Кочергин С.В. Построение и анализ функций влияния начального поля концентрации примеси на уровень загрязнения в исследуемом районе Азовского моря // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей крымского полуострова». – Севастополь, 2015. – С. 107 – 108.

34 Кочергин С.В., Кочергин В.С., Использование решения сопряженных задач при моделировании распространения примеси в Азовском море // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей крымского полуострова». – Севастополь, 2015. – С. 108 – 109.

35 Кочергин С.В., Кочергин В.С. Вариационная идентификация переменной по пространству мощности источника в Казантипском заливе // Материалы X Международной научно-практической конференции (11 июня 2015). – Том 4. – Санкт-Петербург, 2015. – С. 47 – 49.

36 Кременчуцкий Д.А., Коновалов С.К., Батраков Г.Ф., Станичный С.В. Пространственно-временная изменчивость поступления бериллия-7 ( $^7\text{Be}$ ) на поверхность Черного моря // Материалы научной конференции с международным участием «Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод». Часть 2. Ростов-на-Дону, 8-10 сентября 2015 г. – Ростов-на-Дону, 2015. – С. 247 – 251.

37 Кузнецов А.С., Иванов В.А., Богуславский А.С., Казаков С.И. Черноморский гидрофизический полигон – регионально-адаптированная система контроля природной среды в зоне сопряжения «суша-море» // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь, 16 – 18 сентября 2015 г.). – С. 80 – 81.

38 Лазарчук И.П. Адаптация модели морской экосистемы к динамическим процессам СЗШ ЧМ // «Pontus Euxinus 2015»: тезисы IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых (с международным участием) по проблемам водных экосистем, посвященной 100-летию со дня рождения д.б.н., проф., чл.-кор. АН УССР В.Н. Грезе (17–20 ноября 2015 г.). – Севастополь: DigitPrint, 2015. С.93–94.

39 Лемешко Е.Е., Лазоренко Д.И., Фомин В.В. Визуализация результатов моделирования ветрового волнения и штормовых нагонов в прибрежной зоне Азово-Черноморского бассейна // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей крымского полуострова». – Севастополь, 2015. – С. 104–106.

40 Лемешко Е.М., Морозов А.Н., Кузнецов А.С., Шутов С.А., Зима В.В. Динамика вод в прибрежной зоне Крыма по данным измерений ADCP // Тезисы конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (МГИ РАН, 16 – 18 сентября 2015). – Севастополь, 2015. – С. 113 – 114.

41 Лемешко Е.М., Фомин В.В., Алексеев Д.В., Полозок А.А., Лемешко Е.Е. Типизация барических полей. Идентификация условий для штормовых нагонов в прибрежной зоне Азовского моря // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей крымского полуострова». – Севастополь, 2015. – С. 109–110.

42 Лемешко Е.М., Фомин В.В., Лемешко Е.Е., Лазоренко Д.И. Визуализация результатов моделирования волнения и штормовых нагонов на основе графического пакета GMT // Современные методы и средства океанологических исследований: Материалы XIV Международной научно-технической конференции «МСОИ-2015». Том II. – М., 2015. – 367 с.– С. 278 – 279.

43 Лемешко Е.М., Фомин В.В., Лемешко Е.Е., Лазоренко Д.И. Визуализация результатов моделирования волнения и штормовых нагонов на основе графического пакета GMT // Материалы XIV Международной научно-технической конференции «Современные методы и средства океанологических исследований». – 2015. – Том II. – С. 278–279.

44 Ломакин П.Д., Чепыженко А.И., Чепыженко А.А. Загрязнение прибрежных вод Крыма растворенным органическим веществом // Научно-практическая конференция «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь, МГИ РАН, 16 – 18 сентября 2015 г.). – С. 96 – 97.

45 Лукьянова А.Н., Пластун Т.В., Багаев А.В., Маркова Н.В. Исследование глубинной циркуляции Черного моря по модельным расчетам и архивным данным // «Pontus Euxinus 2015»: тезисы IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых (с международным участием) по проблемам водных экосистем (ИМБИ РАН, 17 – 20 ноября 2015 г.). – Севастополь: DigitPrint, 2015.– С. 98 – 99.

46 Маркова Н.В., Дымова О.А. Реконструкция гидрофизических полей в прибрежных районах Черного моря на основе численного моделирования // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (МГИ РАН, 16 – 18 сентября 2015). – Севастополь, 2015. – С. 126 – 127.

47 Мезенцева И.В., Совга Е.Е. Оценка способности водной экосистемы к самоочищению на примере акватории Южной бухты Севастопольского региона // Материалы научной конференции (с международным участием) «Современные проблемы гидрохимии и монито-

ринга качества поверхностных вод» (Ростов-на-Дону, 8 – 10 сентября 2015 г.). – Ч. 1. – С. 245 – 248.

48 Медведев Е.В., Шокурова И.Г., Моисеенко О.Г. Аппроксимация профиля сероводорода для расчета карбонатной системы Черного моря // Материалы Международной научно-практической конференции «Обеспечение гидрометеорологической и экологической безопасности морской деятельности», 16-17 октября 2015 г., г. Астрахань, Россия. – С. 64 – 66.

49 Мельников В.В., Чепыженко А.А., Чепыженко А.И. Новая компьютерная GIS система для обработки и анализа биофизических данных в экспедиционных условиях // Научно-практическая конференция «Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод» (15 – 17 сентября 2015 г., г. Ростов-на-Дону).

50 Миклашевская Н.А. Изменения уровня Каркинитского залива Черного моря под действием движущегося атмосферного фронта // Материалы X Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире». Санкт-Петербург, 11 июня 2015 г.– Т. 4. – С. 44–46.

51 Моисеенко О.Г., Орехова Н.А., Коновалов С.К.. Оценка экологического статуса Севастопольской бухты (Черное море) посредством ансамбля нормированных показателей // Современные методы и средства океанологических исследований: Материалы XIV Международной научно-технической конференции «МСОИ-2015». Том II. – М., 2015. – С. 346 – 350.

52 Орехова Н.А., Коновалов С.К. Потoki кислорода и сероводорода на границе с донными отложениями как метод оценки экологического состояния // Современные методы и средства океанологических исследований: Материалы XIV Международной научно-технической конференции «МСОИ-2015». – Том I. – М.: АПР., 2015. – С. 259 – 263.

53 Орехова Н.А., Коновалов С.К. Распределение и потоки кислорода и сероводорода на границе с донными отложениями Черного моря // Геология морей и океанов: Материалы XXI Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. –Т. IV. – М.: ГЕОС, 2015. – С. 68 – 73.

54 Романюк О.С., Морозов В.И., Горячкин Ю.Н., Долотов В.В., Рыжий М.Н. ГИС «Береговая зона Крыма» как основа ведения мониторинга динамики побережья // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь: МГИ, 16 – 18 сентября 2015 г.). – С. 141 – 142.

55 Санникова Н. К. В. Распространение волн цунами в заливах различного поперечного сечения // Тезисы IX Всероссийской научно-практической конференции молодых уче-

ных «Pontus Euxinus-2015» по проблемам водных экосистем. – Севастополь 17 – 20 ноября 2015 г. – ФГБУН «ИнМБИ им. А.О. Ковалевского РАН» – Севастополь, 2015. – С. 151–152.

56 Совга Е.Е., Хмара Т.В., Слепчук К.А., Мезенцева И.В. Оценки самоочищающей способности экосистемы Севастопольской бухты при современном уровне функционирования береговой инфраструктуры // Тезисы докладов Научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь: МГИ РАН. 16 – 18.09.2015 г.). – С. 75 – 77.

57 Слепышев А.А, Багатинский В.А., Воротников Д.И. Процессы переноса, обусловленные слабонелинейными внутренними волнами в бароклинном потоке // Научная конференция «Ломоносовские чтения» 2015 г., Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в Севастополе. – Севастополь: ООО «Экспресс – печать». – 2015. – С. 60.

58 Слепышев А.А. Процессы переноса, обусловленные слабонелинейными внутренними волнами // Современные методы и средства океанологических исследований. Материалы XIV международной научно-технической конференции «МСОИ-2015». – Т.1. – С. 53 – 56.

59 Слепышев А.А. Процессы переноса, обусловленные слабонелинейными инерционно-гравитационными внутренними волнами // XXVI Крымская Осенняя Математическая Школа-симпозиум по спектральным и эволюционным задачам (КРОМШ-2015): сборник тезисов. – Симферополь: ООО ФОРМА. – 2015. – С. 100.

60 Станичная Р.Р., Щурова Е.С. Внутрисезонная изменчивость береговой линии Сиваша, вызванная ветровыми условиями // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (16 – 18 сентября 2015 г., г. Севастополь: ФГБУН МГИ РАН). – С. 144 – 145.

61 Суслин В.В., Слабакова В., Калинин Д.В. Оптические свойства аэрозоля над Черным морем по данным цветовых сканеров и сети AERONET // Труды VIII Международной конференции «Современные проблемы оптики естественных сред». – Санкт-Петербург, 2015. – С. 245 – 250.

62 Тимченко И.Е., Игумнова Е.М. Экологическая экономика прибрежной зоны моря // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь: МГИ, 16 – 18 сентября 2015 г.). – С. 81 – 83.

63 Тимченко И.Е., Игумнова Е.М., Солодова С.М, Никифоров Ю.И. Адаптивная модель рекреационной привлекательности прибрежной зоны Крыма // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь: МГИ, 16 – 18 сентября 2015 г.). – С. 83 – 84.

64 Удовик В.Ф., Горячкин Ю.Н. Особенности формирования потоков наносов у берегов Западного Крыма // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь: МГИ, 16 – 18 сентября 2015 г.). – С. 28 – 29.

65 Ужегов В.Н., Кабанов Д.М., Сакерин С.М., Корчемкина Е.Н. Результаты измерений аэрозольной оптической толщи атмосферы в восточном Крыму в июле 2015 г. // Тезисы докладов XXII Рабочей группы «Аэрозоли Сибири». – Томск, 2015.

66 Фомин В.В., Алексеев Д.В., Иванча Е.В., Манилюк Ю.В., Михайличенко С.Ю. Моделирование ветрового волнения в береговой зоне заповедника «Херсонес Таврический» // Материалы XXIII международной научно-технической конференции «Прикладные задачи математики» / ФГАОУ «Севастопольский государственный университет». – Севастополь, 2015. – С. 63–66.

67 Фомин В.В., Алексеев Д.В., Харитонов Л.В., Полозок А.А., Михайличенко С.Ю. Комплексное моделирование динамических процессов в береговой зоне Крымского полуострова // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь: МГИ, 16 – 18 сентября 2015 г.). – С. 17 – 19.

68 Хоружий Д.С., Медведев Е.В., Орехова Н.А., Моисеенко О.Г. Особенности гидрохимических характеристик приустьевой области р. Черной (Севастопольская бухта, Черное море) // Материалы международной научно-практической конференции «Обеспечение гидрометеорологической и экологической безопасности морской деятельности» (г. Астрахань, 16 – 17 октября 2015 г.). – С. 97 – 99.

69 Хоружий Д.С., Медведев Е.В., Коновалов С.К. Поток CO<sub>2</sub> на границе раздела вода-атмосфера – показатель направления и интенсивности процессов цикла углерода // Современные методы и средства океанологических исследований: Материалы XIV Международной научно-технической конференции «МСОИ-2015». Том I. – М., 2015. – С. 267 – 270.

70 Цыганова М.В., Лемешко Е.М., Рябцев Ю.Н., Фомин В.В. Моделирование прибрежной циркуляции в районе дельты Дуная // Современные методы и средства океанологических исследований: Материалы XIV Международной научно-технической конференции «МСОИ-2015». Том I. – М., 2015. – 367 с.– С. 60.

71 Цыганова М.В. Исследование влияния стока Дуная на динамику вод шельфа на основе моделирования и анализа натуральных данных // Сборник тезисов научной конференции «Ломоносовские чтения 2015», Севастополь, 2015г.- С. 62.

72 Цыганова М.В. Закономерности формирования гидрофронта в районе стока рек на шельфе Черного моря // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения

проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова», г. Севастополь, 2015г. – С.145-146.

73 Цыганова М.В., Хартиев С.М., Лемешко Е.М. Закономерности формирования гидрологической структуры вод на северо-западном шельфе Черного моря на основе численного моделирования // Тезисы докладов международной практической научной конференции «Морские исследования и образование: MARESEDU-2015», Москва, 2015г. -С. 330.

74 Цыганова М.В. Характерные масштабы гидрофронта в районе стока Дуная на Северо-западном шельфе Черного моря // IX научно-практической конференции молодых учёных «ПОНТ ЭВКСИНСКИЙ - 2015» по проблемам водных экосистем, Севастополь. – 2015 г. – С. 182.

75 Чечина Е.В., Дулов В.А. Триплет-метод для анализа натуральных волнографических данных // Сборник трудов международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2015». – Севастополь, 2015. – С. 61.

76 Чепыженко А.И., Чепыженко.А.А. Инструментальные средства и методы комплексного мониторинга прибрежных и проливных акваторий // Современные методы и средства океанологических исследований: Материалы XIV Международной научно-технической конференции «МСОИ-2015» (19 – 21 мая 2015 г., Москва), Том I. – М., 2015. – С. 61 – 65.

77 Чепыженко А.И, Чепыженко А.А., Кудинов О.Б. Мультипараметрические гидрооптические комплексы «in situ» для комплексной оценки биофизических свойств водной среды // VIII Всероссийская конференция с международным участием «Современные проблемы оптики естественных вод (ONW'2015)» (Санкт-Петербург, 8 – 12 сентября 2015 г.). – С-Пб: ФИО РАН, 2015. – С. 283 – 287.

78 Черкесов Л.В., Манилюк Ю.В. Исследование свободных колебаний жидкости в ограниченном морском бассейне // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире: Материалы X международной научно-практической конференции. – С-Петербург, 2015. – С. 24 – 32.

79 Черкесов Л.В., Шульга Т.Я. Исследование динамических процессов в Азовском море // Материалы XII международной научно-технической конференции «Современные методы и средства океанологических исследований» (МСОИ-2015) (19 – 22 мая 2015 года г. Москва), 2015. – том 1. – С. 40 – 44.

80 Черкесов Л.В., Шульга Т.Я. Исследование свободных колебаний уровня Азовского моря // Материалы X Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире». Санкт-Петербург, 2015. том 4. – С. 16 –24.

81 Черкесов Л.В., Шульга Т.Я. Численный анализ трансформации загрязняющих веществ, течений и сгонно-нагонных процессов в Азовском море» // Материалы Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование: MARESEDU-2015» 21 – 24 октября 2015 г. Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова.

82 Щурова Е.С., Станичный С.В. Пространственная и временная изменчивость поля температуры поверхности воды Сиваша и Азовского моря с использованием спутниковых данных // Тезисы докладов IX научно-практической конференции молодых учёных «ПОНТ ЭВКСИНСКИЙ-2015» (г. Севастополь, 17 – 20 ноября 2015 г.).

83 Fomin V.V., Alekseev D.V., Kharitonova L.V., Ivancha E.V., Borodin D.V., Lazorenko D.I. Modeling of storm wind waves in the Sevastopol Bay of the Black Sea // Geography, Culture And Society For Our Future Earth. The International Geographical Union Regional Conference. IGU 2015 Book of Abstracts. – Moscow, 2015. – P. 1342.

ПРИЛОЖЕНИЕ В  
Участие в выставках

1 Разработки МГИ для нужд России и Флота. Севастополь, Морской гидрофизический институт, 2 – 8 апреля 2015 г.

2 Учебно-методический сбор руководящих должностных лиц гидрометеорологических (метеорологических) служб военных округов, видов и родов Вооруженных Сил Российской Федерации. Севастополь, Дом офицеров Флота, 19 – 21 мая 2015 г.

3 Международный военно-технический форум «Армия-2015», Кубинка, Московская область, 16 – 19 июня 2015 г.

4 Международный военно-морской салон «IMDS-2015». Санкт-Петербург, 1 – 5 июля 2015 г.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Объекты интеллектуальной собственности

1 Ефремов О.И., Дыкман В.З., Барабаш В.А. Электромагнитный измеритель компонент вектора средней скорости течения электропроводной жидкости // Патент Российской Федерации № 2548126, опубликовано 10.04.2015, бюллетень №10.

2 Кирющенко И.Г., Шаповалов Ю.И. Электрохимический газоанализатор // Патент Российской Федерации № 2548125, опубликован 10.04.2015, бюллетень № 10.

3 Барабаш В.А., Самодуров А.С., Чухарев А.М. Измерительная система для исследования мелкомасштабной турбулентности в приповерхностном слое моря // Патент Российской Федерации № 2549250, опубликовано 20.04.2015, бюллетень № 11.

4 Шаповалов Ю.И. Кондуктометр // Патент Российской Федерации № 2549246, опубликовано 20.04.2015, бюллетень № 11.

5 Кирющенко И.Г., Шаповалов Ю.И. Гидролого-гидрохимический зонд для определения профиля концентрации растворённого сероводорода (варианты) // Патент Российской Федерации № 2549247, опубликовано 20.04.2015, бюллетень № 11.

6 Кирющенко И.Г. Шаповалов Ю.И. Барокомпенсированный первичный измерительный преобразователь с твердотельным чувствительным элементом // Патент Российской Федерации № 2549254, опубликовано 20.04.2015, бюллетень № 11.