

*МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
РОССИЙСКИЙ ФОНД
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ*

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И
ПЕРСПЕКТИВЫ НАРАЩИВАНИЯ
МОРСКОГО РЕСУРСНОГО
ПОТЕНЦИАЛА ЮГА РОССИИ**



п. Кацивели
15 – 18 сентября 2014 г.

Современное состояние и перспективы наращивания морского ресурсного потенциала юга России / Тезисы докладов международной научной конференции.– пгт.Кацивели, 15 – 18 сентября 2014 г.– г.Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014.– 268 с.

В сборнике представлены тезисы докладов международной научной конференции, посвященной проблеме использования морских ресурсов, чья перспективность продиктована более выгодными экономическими условиями их добычи и транспортировки. В то же время необходим экологический контроль, который способствует дальнейшему их сохранению и наращиванию.

Планируется обсудить и наметить пути решения ряда научных проблем:

1. Развитие интегральной системы мониторинга морского потенциала морей юга России, включая мелководные заливы, лиманы, проливы и бухты.
2. Перспективы развития спутниковых систем мониторинга районов с высоким ресурсным потенциалом в условиях проявления экстремальных природно-климатических и антропогенных факторов.
3. Научное обоснование сохранения береговых зон и разработка оперативных систем прогноза их изменений в результате глобальных изменений климата.

Международная научная конференция «Современное состояние и перспективы наращивания морского ресурсного потенциала юга России» проводится при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 14-05-20260.

Редколлегия: Иванов В.А., Лукин А.Е., Совга Е.Е., Коновалов С.К.,
Коротаев Г.К., Полонский А.Б.

© Коллектив авторов, 2014
© Морской гидрофизический институт, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

<i>Лукин А.Е.</i> Палеобассейны эвксинского типа – источники нетрадиционного газа	13
<i>Шнюков Е.Ф.</i> Грязевые вулканы Черного моря	16
<i>Коновалов С.К., Еремеев В.Н.</i> Региональные гидрохимические особенности эволюции цикла углерода в Черном море	17
<i>Кортаев Г.К.</i> Оперативная океанография Черного моря: состояние и перспективы.....	19
<i>Полонский А.Б.</i> Мониторинг климатической изменчивости океана	20
<i>Пасынков А.А.</i> Тектоническая позиция источников субмаринной разгрузки Горного Крыма.....	21

СЕКЦИЯ 1. Технические средства и современные методы оценки состояния водных акваторий и береговой зоны в районах активного освоения природных ресурсов при перспективе наращивания их запасов

<i>Гончар А.И., Федосеев С.Г., Шундель А.И.</i> Гидроакустический модуль мониторинга дна акваторий	25
<i>Подымов И.С., Подымова Т.М.</i> Экспериментальные исследования радоноопасности территорий Азово-Черноморского побережья России.....	27
<i>Подымова Т.М., Подымов И.С.</i> Радиологические исследования прибрежной зоны Таманского региона	29
<i>Подымов И.С., Подымова Т.М.</i> Исследование радиоактивной эманиции вблизи грунтовых и водных поверхностей с помощью детектора радиации GMC-320.....	32
<i>Илюшин В.Б.</i> Разработка дешёвых роботизированных аппаратов для наблюдения подводной среды	35
<i>Белецкий С.В., Белокрыс О.А.</i> Современное состояние геологической изученности дна акваторий Черного и Азовского морей и перспективы расширения минерально-сырьевой базы на прилегающем к Крыму шельфе	37

<i>Быков Е.М., Лунев Е.Г., Мотыжев С.В., Толстошеев А.П.</i> Методы и средства оперативного контактного мониторинга открытых и прибрежных водных акваторий на основе дрейфтерных технологий.....	40
<i>Морозов А.Н., Лемешко Е.М., Шутов С.А., Зима В.В., Дерюшкин Д.В., Кузнецов А.С., Белоус Н.С.</i> Течения в верхнем слое моря по данным ADCP-наблюдений с океанографической платформы.....	42
<i>Кузнецов А.С.</i> Перспективы долгосрочных полигонных исследований течений у Южного берега Крыма.....	43
<i>Кузнецов А.С., Иванов В.А., Зима В.В.</i> Натурные особенности крупномасштабной динамики течений у Южного берега Крыма	45
<i>Дыкман В.З., Ефремов О.И., Воликов М.С.</i> Исследования динамики прибрежных вод на Бакальской косе с помощью комплекса «Донная станция».....	46
<i>Дыкман В.З., Ефремов О.И.</i> Волны и турбулентность в прибойной зоне по измерениям на Бакальской косе	49
<i>Воликов М.С.</i> Автономные измерительные средства для исследования транспорта донных наносов.....	51
<i>Гайский В.А., Гайский П.В., Клименко А.В., Забурдаев В.И.</i> Опыт использования морской прибрежной станции «Бриз» для экологического контроля вод у Южного берега Крыма	53
<i>Гайский П.В., Трусевич В.В.</i> Возможности контроля загрязнений вод с помощью автоматических биоэлектронных комплексов.....	55
<i>Греков А.Н., Греков Н.А., Кузьмин К.А., Пасынков М.А.</i> Исследование распределения гидрофизических полей морской среды с использованием прибора ИСТ-1М	57
<i>Совга Е.Е., Мезенцева И.В.</i> О методике нормирования сбросов загрязняющих веществ в мелководные акватории (заливы, лиманы, порты) Черного и Азовского морей	58
<i>Орехова Н.А., Коновалов С.К.</i> Анализ потоков кислорода и сероводорода на границе донных отложений крымского побережья как метод оценки состояния акватории	61
<i>Гуров К.И., Овсяный Е.И., Котельянец Е.А., Коновалов С.К.</i> Основные геохимические свойства донных осадков и их влияние на экологические характеристики прибрежных районов Черного моря	63
<i>Алексанин А.И., Алексанина М.Г., Загуменнов А.А., Шувалов Б.В.</i> Верификация автоматического метода расчета скоростей поверхностных течений по последовательности спутниковых изображений	65

<i>Алексанина М.Г., Бабяк П.В., Дьяков С.Е., Фомин Е.В.</i> Расчет концентрации атмосферных газов по спутниковой информации на примере расчета углекислого газа	66
<i>Иванов В.А., Кузнецов А.С., Серебряный А.Н., Лаврова О.Ю., Химченко Е.Е.</i> Исследования внутренних волн и течений с платформы МГИ летом 2014 г.	69
<i>Кропотов С.И.</i> Взаимосвязь гидрологических и оптических параметров поверхностного слоя Черного моря с вероятностными характеристиками вихревой динамики вод	70

СЕКЦИЯ 2. Состояние и перспективы наращивания рекреационного, пресноводного и биологического ресурсных потенциалов Юга России, включая мелководные заливы, лиманы и бухты

<i>Косьян Р.Д., Горячкин Ю.Н., Крыленко В.В., Крыленко М.В., Харитонов Л.В., Годин Е.А.</i> Береговая зона моря как ресурс экономического развития черноморского побережья России.....	73
<i>Шестопалов В.М., Иванов В.А., Богуславский А.С., Казаков С.И., Кузнецов А.С.</i> Моделирование водообмена гидрогеологической системы Горного Крыма с акваторией Черного моря и оценка уязвимости карстовых подземных вод.....	75
<i>Горячкин Ю.Н.</i> Эффективность берегозащитных сооружений Крыма (ретроспективный взгляд).....	77
<i>Агаркова-Лях И.В.</i> Рекреационный потенциал и перспективы развития Западного побережья Крыма	80
<i>Коршенко А.Н., Ковалишина С.П.</i> Эвтрофикация прибрежных вод Черного моря	83
<i>Ломакин П.Д., Совга Е.Е., Щурова Е.С., Овсяный Е.И.</i> Современный гидрохимический режим и ресурсный потенциал Восточного Сиваша	87
<i>Рубцова С.И.</i> Экологическое состояние прибрежной зоны Крыма – важнейший фактор ее комплексного освоения, управления и устойчивого развития	89
<i>Вялова О.Ю.</i> Факторы успешного развития морской аквакультуры в шельфовой зоне Черного моря.....	92
<i>Миньковская Р.Я.</i> Проблемы использования водных ресурсов в устьевых регионах и пути их решения	94

<i>Филиппов Ю.Г.</i> О влиянии стока реки Дон на уровень воды в Таганрогском заливе	96
<i>Медведев Е.В., Моисеенко О.Г., Коновалов С.К.</i> Оценка состояния экосистемы Черного моря посредством соотношений компонентов карбонатной системы	98
<i>Кудрик И.Д., Портной В.С.</i> Результаты мониторинговых исследований района рейдовых перегрузок в Керченском проливе в 2013 – 2014 гг.....	101
<i>Бурдиян Н.В.</i> Микробиологическая характеристика донных отложений северо-восточной части Чёрного моря	104
<i>Стельмах Л.В.</i> Закономерности сезонной изменчивости отношения между органическим углеродом и хлорофиллом «А» в фитопланктоне Черного моря. Фундаментальная роль и практическое значение	105
<i>Георгиева Е.Ю., Стельмах Л.В.</i> Современное состояние фитопланктона прибрежных вод Черного моря в районе Крыма в конце весеннего периода	108
<i>Korunyuchuk Y., Özer A., Yurakhno V., Öztürk T.</i> Current status of the Black Sea whiting, <i>Merlangius merlangus</i> L., 1758, infection with parasites.....	110
<i>Моисеенко О.Г., Орехова Н.А., Коновалов С.К.</i> Индексы и показатели экологического статуса Севастопольской бухты.....	111
<i>Осадчая Т.С.</i> Об эффективности гидробиологических систем для санации зон экологического риска	114
<i>Соловьева О.В.</i> Роль гидротехнических сооружений в формировании ассимиляционной ёмкости севастопольской акватории	117
<i>Дорошенко Ю.В., Тихонова Е.А.</i> Анализ химико-микробиологических показателей донных осадков прибрежных акваторий Севастополя (на примере Стрелецкой бухты).....	119
<i>Санин А.Ю., Игнатов Е.И.</i> Рекреационное освоение береговых морфосистем Крыма	121
<i>Рябушко В.И.</i> Перспективы использования ресурсов Черного моря для получения биологически активных веществ.....	123
<i>Вареник А.В., Козловская О.Н.</i> Поступление биогенных элементов с атмосферными осадками на поверхность Черного моря в 2010 – 2013 гг.....	126

СЕКЦИЯ 3. Современное состояние и перспективы развития спутниковых систем мониторинга районов с высоким ресурсным потенциалом в условиях проявления экстремальных природно-климатических и антропогенных факторов

<i>Зацепин А.Г., Дивинский Б.В., Куклев С.Б., Пиотух В.Б., Подымов О.И., Островский А.Г., Сильвестрова К.П., Кубряков А.А., Соловьев Д.М., Станичный С.В.</i> Некоторые результаты исследований изменчивости параметров морской среды в шельфово-склоновой зоне Черного моря на подспутниковом полигоне ИО РАН.....	129
<i>Кубряков А.А., Станичный С.В., Зацепин А.Г.</i> Влияние динамических процессов на межгодовую изменчивость характеристик экосистемы Черного моря	130
<i>Ясакова О.Н., Бердников В.С., Станичный С.В.</i> Применение спутниковых информационных систем в осуществление программы экологического мониторинга российского сектора Черного моря...	131
<i>Гармашов А.В., Коровушкин А.И., Полонский А.Б., Толочков Ю.Н.</i> Гидрометеорологические условия на Черноморском подспутниковом полигоне.....	133
<i>Башарин Д.В., Станкинавичус Г., Полонский А.Б.</i> Изменчивость блокингов и их связь с приземными полями температуры воздуха и осадков в Европейском регионе.....	135
<i>Воскресенская Е.Н., Маслова В.Н., Коваленко О.Ю.</i> Климатология циклонов и антициклонов в Черноморско-Средиземноморском регионе по данным реанализа NCEP/NCAR.....	137
<i>Михайлова Н.В., Воскресенская Е.Н.</i> Восточноатлантическое колебание и его роль в формировании зимних агроклиматических условий в Европейском регионе	139
<i>Вышкваркова Е.В.</i> Особенности пространственного распределения экстремальных осадков на территории Крымского полуострова	140
<i>Крашенинникова С.Б.</i> Исследование меридиональной циркуляции и переносов тепла в Северной Атлантике по данным контактных наблюдений.....	142
<i>Лубков А.С., Воскресенская Е.Н., Кукушкин А.С.</i> Восстановление значений прозрачности морской воды на основе моделирования методом нейронных сетей	144

<i>Баянкина Т.М., Жуков А.Н., Комаровская О.И., Крашенинникова М.А., Сизов А.А.</i> Межгодовая изменчивость ветрового режима на акватории Черного моря, прилегающей к побережью Крыма	147
<i>Щурова Е.С.</i> Анализ ледового режима залива Сиваш по спутниковым данным.....	148
<i>Латушкин А.А., Чепыженко А.А., Ломакин П.Д., Мартынов О.В.</i> Гидрооптические исследования восточной части озера Сиваш в летний период 2013 – 2014 гг.....	151
<i>Ломакин П.Д., Чепыженко А.И., Чепыженко А.А.</i> Информативная глубина в Керченском проливе	154
<i>Суслин В.В., Шокуров М.В., Чурилова Т.Я., Корчемкина Е.Н.</i> Фотосинтетически активная радиация в Севастополе: измерения и численные расчеты.....	155
<i>Прохоренко Ю.А.</i> Характер изменчивости оптических свойств атмосферы по данным станции «Sevastopol» сети AERONET в 2006 – 2014 гг.....	156
<i>Алескерова А.А., Кубряков А.А., Станичный С.В.</i> Субмезомасштабные процессы, определяющие распространение взвешенного вещества у западного побережья Крыма.....	157
<i>Кушнир В.М., Федоров С.В.</i> Мониторинг прибрежных акваторий Севастополя на основе гиперспектральных космических съемок.....	157
<i>Кузьмичёва Т.Ф.</i> Анализ современного состояния Аральского моря в зимний период с помощью снимков, полученных со спутников AQUA/TERRA приборами MODIS в 2008 – 2014 гг.....	159
<i>Букатов А.Е., Павленко Е.А.</i> Влияние гидрометеорологических условий на изменчивость концентраций загрязняющих веществ в устьевых зонах Азовского моря	161
<i>Лемешко Е.Е., Репина И.А.</i> Мониторинг проявлений апвеллинга у берегов Крыма методом самоорганизующихся карт	162
<i>Попов М.А.</i> Контактные наблюдения температуры поверхности моря за период 2000 – 2013 гг. мыс Лоханочка (Севастополь, Черное море)	163
<i>Погребной А.Е.</i> Оценка средних характеристик стратификации водной среды	164

СЕКЦИЯ 4. Информационно-вычислительные системы вариационной ассимиляции данных наблюдений для дальнейшего развития интегральной системы мониторинга морей Юга России

<i>Михайлов Н.Н., Вязилов Е.Д., Воронцов А.А.</i> Состояние и перспективы развития ЕСИМО	166
<i>Еремеев В.Н., Иванов В.А., Вязилов Е.Д., Михайлов Н.Н.</i> Развитие информационного обеспечения морской деятельности в Крыму на основе интегрированных данных.....	168
<i>Халиулин А.Х., Годин Е.А., Токарев Ю.Н., Мезенцева И.В., Смирнов С.С.</i> Информационные ресурсы мореведческих организаций Крыма	170
<i>Макаров К.Н., Дроботько С.Ю.</i> Информационно-прогностическая автоматизированная система для побережий бесприливных морей....	173
<i>Кортаев Г.К., Ратнер Ю.Б., Иванчик М.В., Холод А.Л.</i> Морская служба программы Коперникус и ее реализация на Черном море	175
<i>Григорьев А.В., Зацепин А.Г.</i> Применение численных моделей для диагноза и прогноза термохалинной структуры, динамики вод и переноса загрязнений в Черном море.....	176
<i>Кордзадзе А.А., Деметрашвили Д.И.</i> Региональная прогностическая система для восточной части Черного моря с учетом динамических и некоторых экологических процессов	178
<i>Кузнецов А.С., Долотов В.В., Казаков С.И.</i> Текущее состояние и перспективы развития информационной системы Экспериментального отделения МГИ.....	180
<i>Мизюк А.И., Кортаев Г.К., Ратнер Ю.Б.</i> Адаптация модели NEMO для выполнения прогнозов в Черном море	181
<i>Сендеров М.В., Мизюк А.И.</i> Реконструкция течений Черного моря на основе модели циркуляции NEMO.....	184
<i>Лишаев П.Н.</i> Реанализ гидрофизических полей Черного моря в 1980 – 1993 гг. с ассимиляцией среднегодовых и среднемесячных профилей солености и температуры.....	186
<i>Демьшев С.Г., Дымова О.А.</i> Реконструкция мезомасштабной и субмезомасштабной динамики вод и анализ энергетических характеристик у побережья Крыма	188
<i>Дианский Н.А., Борисов Е.В., Фомин В.В., Кабатченко И.М.</i> Вклад инерционных колебаний в динамику вод на примере штормовой ситуации 24.03.2013 г. в северо-восточной части Черного моря.....	190

<i>Цыганова М.В.</i> Моделирование прибрежной циркуляции вод в районе дельты Дуная в период весеннего половодья	191
<i>Кочергин В.С., Кочергин С.В., Фомин В.В.</i> Решение экологических задач в Азовском море с использованием сопряженных уравнений	193
<i>Кочергин С.В.</i> Моделирование различных сценариев распространения примеси от точечного источника в Керченском проливе при различном ветровом воздействии.....	195
<i>Кропотов С.И.</i> Квазистационарные антициклоны прибрежной зоны Черного моря: время жизни и некоторые статистические характеристики оптико-гидрофизических полей.....	197
<i>Иванов В.А., Черкесов Л.В., Шульга Т.Я.</i> Изучение методом математического моделирования пространственной структуры свободных колебаний в Азовском море.....	199
<i>Позаченюк Е.А., Пенно М.В.</i> Оценка преобразованности ландшафтов прибрежной зоны Черного моря (на примере Крыма).....	200
<i>Украинский В.В., Ковалишина С.П.</i> Оценка современного состояния эвтрофикации вод северо-западного шельфа Черного моря	203
<i>Иванов В.А., Игумнова Е.М., Никифоров Ю.И., Солодова С.М., Тимченко И.Е.</i> Пространственно-временная модель потребления рекреационных ресурсов прибрежной зоны Крыма	205
<i>Mazlumyan S.</i> On modeling of marine ecosystem integrated in a society processes.....	207
<i>Васечкина Е.Ф., Казанкова И.И., Щуров С.В.</i> Верификация математической модели роста культивируемой мидии <i>Mytilus galloprovincialis</i> на основе натурных данных	210
<i>Довгая С.В., Дымова О.А., Маркова Н.В., Демьшев С.Г., Черкесов Л.В.</i> Оценка состояния морской среды при экстремальных штормовых условиях в некоторых районах нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений у черноморского побережья Крыма	213

СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

<i>Архипкин В.С.</i> Синоптическая термохалинная изменчивость в российской прибрежной зоне Черного моря	215
<i>Баяндина Ю.С.</i> Оптимизация компьютерного метода определения характеристик движения сперматозоидов рыб с помощью программы ImageJ и Excel макросов	217

<i>Вареник А.В., Козловская О.Н.</i> Фосфор и кремний в атмосферных выпадениях в районе пос.Кацивели в 2010 – 2012 гг.....	219
<i>Вялова О.Ю., Троценко О.А., Субботин А.А., Лисицкая Е.В., Поспелова Н.В., Родионова Н.Ю., Губанов В.И.</i> Основные результаты научных исследований на мидийно-устричной ферме в акватории Голубого залива	221
<i>Данцюк Н.В., Минюк Г.С., Дробецкая И.В., Чубчикова И.Н.</i> Микроводоросли – малоиспользуемый перспективный источник природных каротиноидов: культивирование <i>Haematococcus pluvialis</i> Flotow (Chlorophyceae) в фотобиореакторе для получения астаксантина	223
<i>Еркушов В.Ю., Шибаева С.А., Рябинин А.И.</i> Исследование суммарной бета-активности атмосферных выпадений и аэрозолей на сети радиационного мониторинга в прибрежной зоне Крыма.....	225
<i>Ерохин В.Е., Гордиенко А.П.</i> Влияние органических веществ на рост динофитовых микроводорослей в экспериментальных условиях	227
<i>Казанкова И.И.</i> Потенциальная пополняемость мидии и митилястера у южных и юго-западных берегов Крыма в связи с температурным режимом региона	229
<i>Ковалёва М.А.</i> Макробентос каменистых россыпей Казачьей бухты (Чёрное море).....	232
<i>Кондратьев С.И.</i> Исследование гидрохимического состава вод реки Черной (Крым) в 2006 – 2011 гг.....	234
<i>Котельянец Е.А., Коновалов С.К., Овсяный Е.И.</i> Геоэкология донных отложений шельфовой зоны Крыма	236
<i>Кочергин В.С.</i> Вариационная идентификация переменной по пространству мощности источника в Казантипском заливе	238
<i>Моисеенко О.Г., Медведев Е.В., Хоружий Д.С.</i> Карбонатная система вод как индикатор барьерной зоны "река – море" (б.Севастопольская (Черное море) – р.Черная).....	240
<i>Попов М.А., Лисицкая Е.В., Поспелова Н.В.</i> Ландшафтное и биологическое разнообразие береговой зоны и акватории залива Мегало-Яло (Крым, Черное море).....	241
<i>Слепчук К.А.</i> Моделирование годовой динамики фитопланктона и биогенных элементов в акватории Севастопольской бухты с применением оптимизационного метода калибровки биогеохимической модели	243

<i>Степанова О.А., Казанкова И.И.</i> Экспериментальное изучение роли черноморских альговирусов в питании мидии <i>Mytilus galloprovincialis</i>	245
<i>Удовик В.Ф., Харитонова Л.В.</i> Условия поступления и структура вдольберегового перераспределения наносов в береговой зоне о.Тузла при различных направлениях ветра	248
<i>Финенко Г.А., Аболмасова Г.И., Дацык Н.А., Аннинский Б.Е.</i> Роль гребневиков-вселенцев в пелагической экосистеме прибрежных районов Черного моря.....	251
<i>Харитонова Л.В., Фомин В.В., Алексеев Д.В., Иванча Е.В.</i> Моделирование влияния штормовых нагонов и ветровых волн на морфодинамические процессы в районе Бакальской косы.....	252
<i>Хмара Т.В.</i> Влияние факторов природного и антропогенного происхождения на возникновение заморных явлений Днепровско-Бугском лимане	254
<i>Хоружий Д.С., Моисеенко О.Г., Коновалов С.К.</i> Сезонные особенности потоков CO ₂ на границе "вода – атмосфера" по данным прямых измерений в прибрежной зоне Южного берега Крыма	257
<i>Чепыженко А.А., Чепыженко А.И.</i> Описание основных закономерностей распространения взвеси и оценка весовых характеристик потока наносов в прибрежной зоне Азово-Черноморского бассейна (на примере Голубого залива).....	259
<i>Чепыженко А.А., Ломакин П.Д.</i> Описание основных закономерностей распространения общего взвешенного вещества на акватории Днепро-Бугского лимана с учетом источников поступления и сезонных особенностей.....	262
<i>Churilova T., Suslin V., Moncheva S., Kryvenko O., Manjos L., Dzhuly A., Newton A.</i> Intensity, area extent and frequency of coccolithophores <i>Emiliana huxleyi</i> blooms in the Black Sea: application of remote sensing approach	264
<i>Suslin V., Churilova T., Moncheva S., Slabakova V., Dzhuly A., Newton A.</i> The Black Sea regional algorithm of estimation of chlorophyll a concentration and light absorption by colored detrital matter using color scanners (MODIS and MERIS) data	265

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

ПАЛЕОБАССЕЙНЫ ЭВКСИНСКОГО ТИПА – ИСТОЧНИКИ НЕТРАДИЦИОННОГО ГАЗА

А.Е.Лукин

*Институт геологических наук НАН Украины, г.Киев
lukinalexander@mail.ru*

Грандиозные успехи США и Канады в освоении сланцевого газа (СГ), помимо мощного экономического и технического потенциала, обусловлены различными геологическими факторами и, прежде всего, особенностями истории осадконакопления на Северо-Американском континенте. Вследствие своеобразия тектоно-геодинамических и палеогеографических условий здесь в широком хроностратиграфическом диапазоне (кембрий – эоцен) образовались многочисленные черносланцевые (black shale) формации. С ними связаны ареалы сланцевой и центральнобассейновой газоносности, которые можно рассматривать как группировки месторождений СГ, его (мега)месторождения или как плеи (plays). Это депрессионные формации, в составе которых, наряду с плотными терригенными коллекторами, большую роль играют черные сланцы (ЧС) – black shales. При этом именно ЧС, благодаря катагенетической мобилизации нефтяных масел из исходного преимущественно сапропелевого органического вещества (ОВ) и неравномерной гидрофобизации пород, являются фактором включения капиллярного "насоса", который обеспечивает поступление метана из разных источников в неравномерно гидрофобизованные породы (Лукин, 2010).

Промышленно газоносные ЧС представляют собой преимущественно темноокрашенные (реже – зеленовато-серые, оливковые, коричневые и т.д.) тонко- и микрослоистые породы с содержанием ОВ от 3 до 20 %, которые присутствуют в разнообразных континентальных (озерных, болотных), переходных (заливно-лагунных, приморско-озерных, лиманных, маршевых) и морских (в широком диапазоне глубин – от мелководья до больших глубин) фациальных обста-

новках. Они характеризуются разнообразием минерального состава, структурно-текстурных особенностей, химизма ОВ, различной степенью катагенеза их исходного субстрата, образовавшегося в широком диапазоне тектоно-геодинамических и палеогеографических условий.

Большинство черносланцевых формаций образовалось в результате катагенеза горючих сланцев. Распределение последних в стратифере, помимо формационного контроля, определяется катагенетической зональностью и ограничивается зоной диагенеза – прото-катагенеза. Как и их современные аналоги – сапропелевые илы, они являются не только эвриклиматическими, эвригидрологическими, но и эврилитогединамическими отложениями. Условия накопления в больших количествах фито- и (или) зоопланктонного (с подчиненной ролью бентоса) ОВ возникают, как известно, в седиментационных бассейнах с различным газовым режимом и солевым составом как при гумидном, так и аридном литогенезе. При всем фациальном разнообразии горючих сланцев это преимущественно морские отложения, в которых Н.М.Страховым свыше 50 лет назад было выделено четыре фациальных типа накоплений органического вещества.

На основании фациально-палеоэкологического изучения доманика он полностью отрицал роль сероводородного заражения придонных вод в накоплении сапропелевых илов. Однако в свете современных тектоно-геодинамических и прежде всего литогединамических представлений это выглядит явно неубедительно. Закономерности распределения фаций и основных скоплений ОВ в доманиковом горизонте свидетельствует о мощном влиянии на биогенную седиментацию, во-первых, Уральского глубоководного бассейна (апвеллинг), а во-вторых, – процессов активизации рифтогенеза (Печоро-Колвинский, Варандей-Адзвинский, Вятский, Серноводско-Абдулинский, Бирско-Верхнекамский, Припятско-Днепровско-Донецкий и другие авлакогены Восточно-Европейской платформы).

При этом следует подчеркнуть существенные различия во влиянии на газовый режим рифтовой и субдукционной геодинамики. Наиболее длительным стабильным сероводородным заражением (судя по изотопным данным – при значительной роли глубинного сероводорода) характеризуются задуговые морские бассейны экваторного типа, а соответствующие тектоно-геодинамические фазы

(историко-геологические этапы) соответствуют наиболее длительным эпохам накопления гидрокарбонатов. Более того, эвксиниты (гидрокарбонаты с явными признаками микробиологических сульфатредуцирующих процессов – осадки с H_2S -заражением придонной воды) являются важнейшими литогеодиническими типами отложений (Лукин, 1997) и, в то же время, характерными индикаторами специфических геодинамических условий. Именно с черносланцевыми формациями эвксинского типа связаны основные ресурсы СГ.

Механизмы формирования задуговых бассейнов и, в частности, природа процессов растяжения как фактора, по-видимому, разнообразны: рифтогенез, pull-apart, дегидратация субдущающей плиты с образованием мантийного магматического диапира с импульсным "откатыванием" придугового глубоководного желоба, возникновение вторичных конвективных ячеек в надсубдукционном клине и др. В результате их действия возникает асимметрично-глубоководный бассейн, газовый режим которого в значительной мере обусловлен процессами глубинной дегазации. Сочетание геоморфологических, гидрологических и флюидодинамических факторов обуславливает интенсивное углекисло-метаново-сероводородное (при различных соотношениях их парциальных давлений) заражение придонных слоев воды, что создает условия, благоприятные для накопления потенциально газоносных терригенно-гидрокарбонатных формаций. При длительном многоэтапном характере указанных тектоно-геодинамических процессов возникает система таких разновозрастных эвксинских палеобассейнов – практически неисчерпаемых источников нетрадиционного газа.

Таким образом, основные перспективы нетрадиционных источников газа, диспергированного в породах с малопроницаемой, лишенной эффективной пористости матрицей (ЧС, уплотненные терригенные породы и их переслаивания) следует связывать в первую очередь с разновозрастными мощными относительно глубоководными отложениями задуговых морей. Соответствующие формации составляют центральные ("ядерные") части нефтегазоносных бассейнов, в значительной мере определяя их общий углеводородогенерирующий потенциал.

ГРЯЗЕВЫЕ ВУЛКАНЫ ЧЕРНОГО МОРЯ

Е.Ф.Шнюков

*Отделение морской геологии и
осадочного рудообразования НАН Украины, г.Киев*

В последние годы в Азово-Черноморском регионе, непосредственно в Черном море работами многих российских, украинских, зарубежных организаций выявлены до 60 – 70 грязевых вулканов.

Ранее грязевые вулканы рассматривались как проявления тектоники, преимущественно диапирового типа. При сейсмических исследованиях грязевых вулканов установлено, что с диапирами связана только часть вулканов, другие приурочены к субвертикальным геологическим телам, третьи – к крупным нарушениям. Во многих грязевых вулканах обнаружены газогидраты. По геофизическим данным корни грязевых вулканов оказались опущенными в мантию. Это обстоятельство подтверждает выдвинутые П.Н.Кропоткиным, Б.М.Валяевым и другими идеи о существовании флюидных углеводородных мантийных плюмов и о грязевых вулканах как столбах их дегазации.

Проведенное на микроанализаторе изучение тяжелых фракций песчаной и алевритовой размерности различных типов грязевых вулканов позволяет подтвердить эту точку зрения. По результатам минералогических исследований оказалось, что наиболее богатые минералогически фракции выявлены в грязевых вулканах Западно-Черноморской впадины (МГУ, Тредмар, Южморгео), где поверхность Мохо, т.е. мантия, залегает на минимальной для региона глубине – 19 км. Здесь встречены самородное золото, медь, медистое золото, самородное железо, разнообразные сульфиды железа, меди, цинка, свинца и другие, оксиды железа, хрома, титана, ряд других минералов. Сухопутные аналоги морских вулканов в Керченско-Таманском регионе, где глубина залегания поверхности Мохо 43 – 44 км, также содержат самородные минералы (золото, железо, медь и др.), многие сульфиды железа, более редкие сульфиды цинка, меди но в меньших количествах и, что характерно, сульфид ртути – киноварь, сульфиды мышьяка – реалгар и аурипигмент, аутигенные карбонаты, аутигенные сульфаты. Все эти группы вулканов как бы «сидят» на мощной, до 5 км, толще майкопских глинистых отложений.

Особняком стоят некоторые северокавказские грязевые вулканы, развитые на нижнемеловых отложениях – Семигорский, Школьный, Гладковский. В Семигорском вулкане, в частности в тяжелой фракции на первом месте по частоте встречаемости стоит самородный свинец, есть самородное железо, разнообразные сульфиды железа, свинца, цинка, меди. Установлены вольфрамат железа – вольфрамит, ванадаты, фосфаты, арсенаты. Мощность осадочного чехла, перекрывающего мантию здесь также достаточно велика – до 40 км, но верхняя часть разреза – неогеновые и палеогеновые отложения – отсутствует.

Как видим, необычная для осадочных толщ минерализация свидетельствует о глубинной подпитке грязевых вулканов, о важной роли осадочных комплексов, как бы фильтрующих эту минерализацию. В этом плане особо важное значение западно-черноморских вулканов, в силу наименьшей мощности чехла над мантией демонстрирующих наиболее ярко выраженную глубинную минералогическую подпитку.

Грязевые вулканы – показатель нефтегазоносности недр и в этой связи полученные данные позволяют внести определенные коррективы при поисках на нефть и газ.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭВОЛЮЦИИ ЦИКЛА УГЛЕРОДА В ЧЕРНОМ МОРЕ

С.К.Коновалов¹ В.Н.Еремеев²

¹*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь*

²*Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского, г.Севастополь
sergey_konovalov@yahoo.com*

К настоящему времени для региона Черного моря созданы специализированные океанографические базы данных по результатам наблюдений, охватывающим почти вековой период. Анализ этих данных позволил обнаружить и исследовать различные особенности эволюции гидрохимической структуры вод Черного моря. Было показано влияние физических и биогеохимических процессов, антропогенной нагрузки и изменений климата на отдельные гидрохими-

ческие характеристики. Наиболее ярким примером являются результаты исследования многолетних изменений содержания и распределения кислорода и сероводорода в водах моря. При этом были не только получены характеристики этих изменений и оценки влияния различных факторов, но и достигнуты новые представления о механизмах формирования вертикальной окислительно-восстановительной структуры вод моря. Это стало возможным благодаря использованию принципов экосистемного анализа, когда отдельные гидрохимические характеристики рассматриваются совместно с другими, связанными стехиометрическими соотношениями биогеохимических процессов, либо подверженными аналогичному влиянию физических процессов. Центральным элементом, связывающим циклы многих основных элементов в морской среде, является углерод. Тем не менее, исследованиям цикла углерода в Черном море уделялось до недавнего времени неоправданно мало внимания. Достаточно указать на то, что в стандартных национальных и ведомственных программах океанографических наблюдений определение характеристик неорганического (рН и щелочность) и органического углерода (растворенного и взвешенного) является не только не обязательным, но часто даже и не дополнительным к основным наблюдаемым параметрам.

В данном докладе показаны и анализируются совместно результаты многолетних наблюдений различных гидрохимических характеристик, связанных с эволюцией цикла углерода в водах Черного моря. Показано, что наблюдаемые изменения характеристик неорганической части цикла углерода (рН и щелочность) существенны и стехиометрически связаны с изменениями в распределении других гидрохимических характеристик. Показано, что наблюдаемые к настоящему времени изменения в гидрохимической структуре вод моря указывают на существенное снижение величины рН (подкисление вод моря) и снижение способности вод моря к поглощению углекислого газа из атмосферы, увеличению содержания органического углерода в донных осадках. Показано, что в прибрежных районах море сохраняет способность поглощать углекислый газ из атмосферы лишь в зимний период, благодаря изменению состояния карбонатной системы под влиянием сезонного снижения температуры вод моря.

ОПЕРАТИВНАЯ ОКЕАНОГРАФИЯ ЧЕРНОГО МОРЯ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Г.К.Коротаев

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
gkorotaev@gmail.com

После организации в 1999 г. проекта МОК Black Sea GOOS, началось бурное развитие оперативной океанографии Черного моря. Важнейшим этапом явилось развитие региональной оперативной наблюдательной системы. К настоящему времени наблюдательная система включает доступные оперативно данные дистанционного зондирования поверхности моря, наблюдения со свободно-дрейфующих платформ, а также измерения на ряде стационарных платформ. Все наблюдения доступны через сайты проекта MyOcean, а по завершении проекта станут доступными через центры Copernicus Marine Service.

Важным шагом развития оперативной океанографии Черного моря явилось создание Черноморского Центра мониторинга и прогнозов (ЧМЦМП) как элемента единой европейской системы морских прогнозов проекта MyOcean. Оперативные продукты центра обеспечивают потребности ряда пользователей, среди которых национальные системы прибрежных прогнозов пяти стран причерноморья. Планируется, что ЧМЦМП продолжит функционирование после завершения проекта MyOcean как элемент Copernicus Marine Service.

В ближайшее время на Черном море предполагается реализация программы Европейской Комиссии Emodnet Check Point, в рамках которой будет планироваться дальнейшее развитие оперативной наблюдательной системы и также будет расширяться набор оперативных продуктов, необходимых различным потребителям.

МОНИТОРИНГ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ОКЕАНА

А.Б.Полонский

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь

apolonsky5@mail.ru

Цели доклада:

- проанализировать состояние глобальной климатической мониторинговой системы для акватории Мирового океана;
- продемонстрировать климатическую изменчивость системы океан-атмосфера, включая потенциально опасную (типа термохалинной катастрофы) в различные климатические эпохи;
- проанализировать перспективы глобального климатического мониторинга.

Для мониторинга климатических изменений в Мировом океане необходима долговременная ($T \gg 30$ лет) наблюдательная система, поскольку под термином «климат» в настоящее время понимают осредненные за временной промежуток 30 лет характеристики системы **океан-атмосфера-литосфера-криосфера-биосфера**. На основании анализа океанографической наблюдательной системы, развиваемой начиная с последней трети 19 века, показано, что такая система начала формироваться только последние 25 лет. Сделан вывод о том, что для эффективного климатического мониторинга Мирового океана необходимо поддерживать регулярную глобальную наблюдательную сеть на протяжении многих десятилетий-столетий. Новые технологии должны дополнять существующую систему наблюдений, а не приводить к ее разрушению (как это случилось в начале спутниковой эры).

ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ ИСТОЧНИКОВ СУБМАРИННОЙ РАЗГРУЗКИ ГОРНОГО КРЫМА

А.А.Пасынков

*Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, г.Симферополь
anatoly.pasynkov@yandex.ua*

Широко разветвленная палеоречная и каньонная система шельфа и континентального склона, нередко является подводным продолжением рек южного берега Крыма, дренирующая погруженные водоносные горизонты и заложенная в зонах тектонических нарушений. Исследования верховьев некоторых каньонов, прилегающих к южному берегу Крыма показало присутствие субмаринной разгрузки трещинных и трещинно-карстовых вод на мысе Айя, в верховьях Балаклавского, Кастельского и Судакского каньонов, а также разгрузку в Ялтинском каньоне. Область субмаринной разгрузки поземных вод, связанных с обводненной зоной тектонического нарушения в отложениях таврической серии установлена в районе Фороса [1]. Три малодобитных источника трещинно-жилых вод приуроченных к системе обводненных трещин в интрузивных породах, обнаружены у горы Аю-Даг [2].

При изучении системы область питания-очаги разгрузки была установлена приуроченность основных крупных водопунктов к зонам разломов, разрывов и повышенной трещиноватости, а также к приразрывным складкам. Разнопорядковые тектонические элементы являются структурами, которые могут быть потенциально обводненными и благоприятными для локализации зон различной степени относительной обводненности, а также к размещению источников субмариной разгрузки [2].

Своеобразием гидрогеологических условий Горного Крыма является преимущественное развитие трещинных и трещинно-карстовых коллекторов, близость областей питания и разгрузки подземных вод, отмечается совпадение площадей их питания с площадью распространения, что определяет режим наиболее крупных родников. Водопроницаемые породы подстилаются практически водоупорными отложениями таврической серии и средней юры. При значительном вертикальном расчленении и относительно высоких абсолютных отметках кровли последних это обуславливает интенсивную дренированность основных водоносных горизонтов. Исключе-

чение составляют отдельные наиболее опущенные блоки, где водовмещающие породы перекрываются толщей водоупорных (глинистых) отложений. Различная степень закарстованности и трещиноватости карбонатных массивов Крымских яйл, наличие для каждого из них крупных карстовых родников, своеобразие режима подземных вод, локализация родников и наиболее водообильных скважин на участках, контролируемых тектоникой, – все это позволяет сделать вывод об избирательной обводненности пород, наличии отдельных зон движения подземных вод.

На основании изложенного обводненные зоны классифицированы на сильно, слабо и незначительно обводненные, что на существующей

К рис.1. Распространение водоносных горизонтов и комплексов в отложениях: cN_{2+3} средне-верхне-плиоценовых, N_1 – верхнесарматских, N_{12} – среднемиоценовых, – среднеэоценовых, K_2-P_1 – эоценовых, K_2 – верхнемеловых, k_1 – нижнемеловых, J_2 – верхнеюрских.

Слабообводненных пород в отложениях: 1 – качинского яруса палеоцена, 2 – то же верхнего мела, 3 – нижнемеловых, 4 – оксфорда, титона и келловей верхней юры; водоупорных пород: 5 – глины майкопской свиты олигоцена, 6 – то же бодракского и альминского горизонтов верхнего эоцена, 7 – песчанико-сланцевая, туфогенно-осадочная толща таврической серии и средней юры. Обводненные структуры Горного Крыма: 8 – первого порядка, влияющие на гидрогеологические условия во всем регионе (зоны сквозных глубинных, перикратонного и межблоковых коровых разломов, а также зоны периферических дуговых разрывов вулкано-тектонических блоков), 9 – второго порядка влияющие на гидрогеологические условия в отдельных блоках региона (зоны межблоковых и глубинных внутриблоковых разрывов, зоны дуговых разрывов вулкано-тектонических структур), 10 – третьего порядка, благоприятные для локализации обводненных зон: а – разрывных нарушений в структурах сквозных и перикратонного разломов, других межблоковых и внутриблоковых разрывов, прочих дуговых разрывов вулкано-тектонических структур и периферических зон купольных структур, б – приразрывные складки Горного Крыма.

Обводненные зоны, классифицированные по степени относительной обводненности в пределах обводненных структур: 11 – сильно обводненные, 12 – слабо, 13 – незначительно.

Опорные водопункты (дебит более 7 л/с); 14 – скважины, 15 – источники.

Структуры первого порядка (цифры в кружках): Севастопольско-Симферопольская (1), Криворожско-Евпаторийская (2), Алуштинско-Симферопольская (4), перикратонная (5), Конкско-Белозерская (6), Орехово-Павлоградская (8); второго порядка: Альминская (3), Богатовская, Демерджинская (7), Батилиманская (10).

стадии изученности территории достаточно для практических целей.

К обводненным структурам первого порядка отнесены наиболее протяженные и крупные тектонические структуры, существенно влияющие на гидрогеологические условия всего региона. В структурах наблюдается наиболее интенсивная закарстованность Крымских яйл (Центрально-Крымское плато, плато Чатыр-Даг, восточная часть Караба-яйлы), являющихся крупными областями формирования подземных вод трещинного и трещинно-карстового типов. К этим же структурам приурочены наиболее высокодебитные родники, фиксирующие очаги разгрузки подземных вод из верхнеюрских известняков (Яс-Чокрак, Скульский, Аян, Карасу-Баши, Су-Баши, Хаста-Баш и др.), а также родники с минеральными водами преимущественно в породах таврической серии. Обводненные структуры второго порядка – многочисленные межблоковые и главные внутриблоковые разрывы, а также отдельные кольцевые разрывы [4]. Последние существенно влияют на формирование гидрогеологических особенностей в отдельных или смежных тектонических блоках региона и объединяют зоны с различной степенью обводненности.

Установленная приуроченность субмаринных источников к определенным классифицированным обводненным зонам позволяет в значительной мере сократить комплекс поисковых работ на пресные воды и локализовать районы поисков на шельфе в зонах тектонических нарушений (обводненных зонах).

1. *Гидрогеология СССР*. Том 8. Крым.– М.: Недра, 1970.– 364 с.
2. *Коротков А.И., Павлов А.Н., Юровский Ю.Г.* Гидрогеология шельфовых областей.– Л.: Недра, 1980.– 219 с.
3. *Морозов В.И., Коваленко А.П., Пасынков А.А.* Обводненные зоны Горного Крыма // Геологический журнал.– 1988.– № 2.– С.65-69.
4. *Коваленко А.П., Пасынков А.А.* Палеовулканические центры Горного Крыма // Доклады АН СССР.– 1986.– Т.291, № 5.– С.1192-1196.

СЕКЦИЯ 1

Технические средства и современные методы оценки состояния водных акваторий и береговой зоны в районах активного освоения природных ресурсов при перспективе наращивания их запасов

ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ МОНИТОРИНГА ДНА АКВАТОРИЙ

А.И.Гончар, С.Г.Федосеенков, А.И.Шундель

*Научно-технический центр
панорамных акустических систем НАН Украины, г.Запорожье
cpas@zp.ukrtel.ua*

Изучение и освоение Мирового океана, как перспективного сырьевого и энергетического источника, а также транспортной артерии мирового сообщества, представляет собой одну из важнейших фундаментальных научных и стратегических народно-хозяйственных задач.

Учитывая, что активизация морской хозяйственной деятельности сопровождается заметным ростом стоимости судового времени, основными направлениями развития морских технологий в современных условиях стала комплексность и оперативность всех проводимых работ.

Комплексность предполагает выполнение в рамках одной научно-исследовательской или инженерно-изыскательской программы выполнение работ, направленных на получении информации одновременно по нескольким океанологическим дисциплинам, таким как гидрофизика, химия, биология, морская метеорология, геология и геоэкология.

Реализация комплексности и оперативности океанологических исследований и изысканий может быть достигнута интегрированием на основе локальной компьютерной сети всего приборного парка научно-исследовательского судна в единый многоцелевой автоматизированный модульно-блочный информационно-измерительный комплекс, способный обеспечить процесс автоматизации процесса сбора, первичной, предварительной и окончательной обработки информации при изучении рельефа и грунта дна, геофизических и гидрометеорологических полей Мирового океана, а также параметров экологической среды.

Такой комплекс разработан в НТЦ ПАС НАН Украины. Комплекс предусматривает возможность формирования различных модификаций аппаратуры для оснащения исследовательских судов и катеров различных типов и береговых центров обработки информации. Его составными частями могут быть гидроакустический, гидрологический, гидрохимический, сейсмологический, метеорологический и др. модули, каждый из которых характеризуется соответствующим информационным потоком.

При этом достигается: оптимальное выполнение комплексного автоматизированного обследования акватории, в процессе которого производится одновременный сбор и обработка информации по всем заданным параметрам, оптимальное планирование и управление обследованием путем обоснованного выбора детальности обследования, оптимизации параметров и выработки управляющих сигналов для удержания судна на заданном курсе, обработка информации в реальном масштабе времени от большинства используемых средств.

Гидроакустический модуль такого комплекса обеспечивает: детальное исследование рельефа дна акваторий, стратификацию осадочных слоев и водной среды и дистанционное послойное определение типов грунтов, выявление затопленных объектов искусственного происхождения.

Такой модуль состоит из: гидролокатора бокового обзора, эхолота (в необходимых случаях многолучевого эхолота), параметрического профилографа.

Работой гидроакустического модуля управляет программа – сервер реального времени ПК1. Программа выполняет установку режимов работы модуля, прием данных с внешних интерфейсов ПК, первичную обработку, отображение, регистрацию, привязку к информации приемника GPS. Передача данных в компьютер ПК1 может осуществляться через интерфейс LPT, USB или Ethernet. Скорость передачи данных через интерфейс LPT порта составляет до 1,5 Мб/с в режиме EPP, через шину USB 2.0 - 60 Мб/с (максимальная), на полной скорости – 1,5 Мб/с. Скорость передачи данных по локальной сети Ethernet в контроллерах реализована 30 Мб/с.

Компьютер ПК2 используется для задач псевдореальной обработки и разнесенной регистрации данных всех модулей и отдельных устройств судового комплекса средств мониторинга акваторий, связанных с компьютером ПК1 через локальную сеть. Между модулями и блоками судового комплекса передается разнородная по форматам

информация, наибольшие потоки данных и затраты по их обработке – у гидроакустического модуля. При передаче данных в локальную сеть программа - сервер реального времени “упаковывает” данные в пакеты в соответствии с внутренним форматом регистрации данных гидроакустического модуля.

Программное обеспечение обработки данных гидроакустического модуля в режиме псевдореального (практически реального) времени позволяет получать конечный продукт обследования акватории – эхограммы и планшет обследования с привязкой к координатам и времени. Программное обеспечение состоит из программы реального времени приема и обработки информации и программного обеспечения псевдореального времени, обеспечивающего дополнительную и конечную обработку данных, составление отчетных материалов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДОНООПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ РОССИИ

И.С.Подымов, Т.М.Подымова

*Южное отделение Института океанологии РАН, г.Геленджик
podymov@coastdyn.ru, tpodymova@inbox.ru*

В апреле 2011 г. на Таманском п-ове произошла природная аномалия [1]. Была высказана гипотеза причинно-следственной связи этого события: Фукусимское землетрясение. По данным сейсмостанций США (у нас в наличии имеется более 50 сейсмограмм) колебания земной коры распространялись в широтном направлении (перпендикулярно меридиональному) и не один раз обогнули земной шар. Анапская сейсмостанция зафиксировала сейсмический шум около 76 dB. Т.е. колебания земной поверхности в районе Таманского п-ова имели существенную величину. Также известно напряженно-деформированное состояние земной поверхности в регионе. В результате резонансных явлений произошли описанные в [1] события. Такие явления не являются уникальными. Достаточно подробно они описываются моделями Лоренса [2]. Произошел подъем антиклинальных складок. Одна из них проходит через мыс Каменный. Поскольку за очень короткий период на мысу обнажился большой участок (8 Га) дна Азовского моря – местными жителями этот феномен был зафиксирован почти мгновенно. Но параллельно этой антиклинали проходят, по крайней мере, еще две: Фанталов-

ская и Таманская. Фанталовская нами обследована не была. На Таманской образовались новые грязевые вулканы в местах, обозначенных на картах генштаба как родники. Их обнаружили позже: вначале по спутниковым снимкам, затем обследовали в процессе экспедиционных изысканий.

Вернемся к мысу Каменный. В месте обнажения морского дна поверхность моря была покрыта белой пеной. А спустя 8 месяцев мы наблюдали, как вдоль прибрежной полосы длиной 20 км рыба выбрасывалась на берег. Берег был усеян толстым слоем мертвой рыбы. К сожалению, мысль о возможном радоновом загрязнении пришла гораздо позже...

Радон – радиоактивный газ, который эманурует радий. При распаде радона образуются твердые радиоактивные изотопы полония, свинца и висмута. Радон хорошо растворим в воде. Если в организм попадает вода (или пища) зараженная радоном, биологический организм погибает. Механизм разрушения биологических организмов растворенным радоном изучен слабо. В избыточных количествах радон выбрасывается при подвижках тектонических плит. Повышенная объемная концентрация радона в воздухе является индикатором наличия тектонических разломов, проникающих на глубины в десятки километров.

Во время анализа последствий произошедших на Тамани событий возникло предположение о возможном выбросе большого количества радона в бассейн Азовского моря и в атмосферу. Такое предположение возникло в связи с тем, что глубинный Керченско-Таманский разлом проходит по дну Азовского моря, захватывая Керченский пролив. Подвижка тектонических плит в апреле 2011 г. могла спровоцировать выброс радона. Растворенный в воде радон мог вызвать отравление рыбы, гибель которой произошла спустя 6 – 8 месяцев. Анализ результатов предварительных наблюдений поставил задачу исследования взаимодействия экосистем региона и населения, а также прогнозирования чрезвычайных ситуаций локального характера.

Высокая трудоемкость и стоимость проведения радоновых исследований не позволили охватить большое количество территорий Таманского п-ова, т.к. исследования по этой теме были начаты лишь во второй половине 2013 г. Однако первые полученные результаты требуют обратить серьезное внимание на радоновый потенциал территорий Тамани с целью последующих оценок радиационного риска для населения.

Плотность потока радона с поверхности грунта является критерием потенциальной опасности территорий. На основе построенных карт радоноопасности производятся оценки доз облучения населения и радиационных рисков. По существующим международным нормам величина плотности потока радона $80 \text{ мБк/м}^2\text{с}$ считается безопасной. Согласно этому нормативу среднегодовая эквивалентная объемная активность радона в воздухе не превысит 150 Бк/м^3 . Проведенные исследования на Таманском п-ове говорят о существенном превышении допустимых норм. Особое беспокойство вызывает поселок Приазовский, находящийся в непосредственной близости от Радонового озера. Объемная активность радона над поверхностью озера приближается к 80000 Бк/м^3 .

Актуальность мониторинга радонового фона в Таманском регионе обусловлена сложной геологической структурой, а также наличием глубинного Керченско-Таманского разлома. Предварительные оценки радоноопасности территорий показывают на необходимость проведения дальнейшего детального картирования Таманского п-ова. Подробно о методах и результатах исследований предполагается рассказать в докладе на конференции.

Исследования проводятся в рамках проектов Российского фонда фундаментальных исследований 12-05-00946 и 13-05-96508.

1. *Podymov I., Podymova T.* Anomalous Natural Phenomenon at the Coastal Zone of Azov Sea // Global Congress on ICM. Lessons Learned to Address New Challenges (Proc. EMECS 10 Medcoast 2013 Joint Conf.).– Turkey, Ankara: Bizim Dijital Matbaa, 2013.– Vol.1.– P.655-664.
2. *Braile L.W.* Seismic Waves and the Slinky: A Guide for Teachers.– USA: Depart. of Earth and Atmospheric Sciences Purdue University, 2010.– 40 p.

РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ТАМАНСКОГО РЕГИОНА

Т.М.Подымова, И.С.Подымов

*Южное отделение Института океанологии РАН, г.Геленджик
tpodymova@inbox.ru, podymov@coastdyn.ru*

Региональная проблема оценки неблагоприятного воздействия повышенного естественного радиационного фона на побережье Черного и Азовского морей сформировалась в два последних десятилетия. В ранних исследованиях побережий названных морей ос-

новное внимание уделялось показателям эпидемиологической безопасности воды, связанным с загрязнением морской воды и прибрежной зоны за счет сбросов промышленных, сточных и ливневых вод. Основные научные концепции управления экологическим состоянием морской среды и комплексный мониторинг прибрежной зоны не предусматривали оценку естественного радиационного фона. При радиометрических исследованиях состояния окружающей среды монацитовые пески не рассматривались как значимый фактор. В результате детальных исследований последних лет «черные пески» стали фигурировать как один из существенных источников радиационного загрязнения прибрежной зоны [1]. «Черные пески» (монациты) – опасный природный фактор на побережье Черного и Азовского морей. Встречаются они в виде черных полос и пятен. Имеют площадь от единиц до сотен квадратных метров. От других темных объектов на берегу их легко отличить по характерному металлическому блеску и высокой плотности. Монациты – радиоактивные пески, образовавшиеся в результате естественных геологических процессов. Основными радиоактивными элементами в них являются ^{232}Th , ^{238}U и продукты их распада. Уровень бета-гамма излучений в местах скопления «черных песков» составляет, в среднем, 30 – 500 мкР/час. Но в некоторых местах и в разные годы может достигать до 900 – 1000 мкР/час. Радиоактивные пески есть и на других морских побережьях. Но лишь на побережьях Черного и Азовского морей они находятся в местах с высокой плотностью населения. По этой причине оценка риска прибрежных регионов приобрела повышенную актуальность, а морские радиоэкологические исследования стали приоритетным направлением.

Основные минералы, составляющие радиоактивные пески Азовского побережья, – ильменит, гранаты, циркон, монацит. По массе большая доля приходится на ильменит, который и придаёт темную окраску песку. Под микроскопом, в отраженном свете, кристаллы ильменита флюоресцируют, что не позволяет их спутать с другими минералами. Однако более 95 % радиоактивности сосредоточено в монаците. По этой причине пески называют монацитовыми, хотя по массе монацит составляет всего лишь несколько процентов от общего веса.

Формирование «чёрных песков» Азовского и Черного морей началось после окончания ледниковой эпохи и продолжается до сих пор. Образовались они в результате разрушения и перемывания осадочных горных пород. Накопление морских россыпей происходило в

две стадии. Сначала реками обломочный материал выносился на прибрежные равнины и отлагался, часто не достигая берега моря. При поднятии равнинной зоны шла эрозия осадками, а уже после нового медленного опускания берега происходила переработка осадков волнением и приливно-отливными движениями морских вод. Наиболее значительные морские россыпи образуются в условиях стабильной береговой линии. Легкие минералы волнением моря уносятся на более глубокие участки дна, а тяжелые накапливаются в пляжных песках. Морфологически россыпи «черных песков», чаще всего, располагаются в прибрежной зоне на береговых валах или косах, в береговых дюнах. В зонах накопления радионуклидов ионизирующее излучение может превышать нормальный фон в десятки и даже сотни раз. Из года в год «черные пески» могут менять свое местоположение.

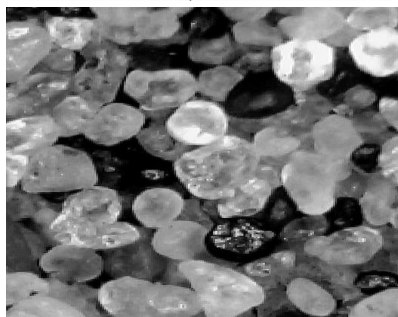
Радиологические исследования пляжей Азово-Черноморского региона производились в 2014 г. «Черные пески» были исследованы в местах, указанных на рис.1, *а*. На рис.1, *б* показан фрагмент монацитов



а



б



в

Рис.1. «Черные пески» на пляжах исследованных регионов: места обнаружения монацитов (*а*); фрагмент «черных песков» в пляжных наносах (*б*); проба «черного песка» под микроскопом ($\times 40$) с флюоресцирующим ильменитом (*в*).

в пляжных наносах. Рис.1, в иллюстрирует пробу «черного песка» под микроскопом с увеличением $\times 40$. В процессе исследований максимальное значение суммарной радиации обнаружено на побережье Азовского моря (в районе грязевого вулкана Богатырь) и составило оно около 50 мкР/час. Радиоактивность «черных песков» у поселка Веселовка составила, примерно, 25 мкР/час. При этом радиоактивный фон нормального песка был 4 – 6 мкР/час.

Подробную информацию по результатам проводимых исследований предполагается представить в докладе на конференции.

Исследования проводятся в рамках проектов Российского фонда фундаментальных исследований 12-05-00946 и 13-05-96508.

1. Бекман И.Н., Кармаза В.С., Рязанцев Г.Б., Федосеев В.М., Волошин В.С. Монацитовый песок как компонент радиологического риска северного побережья Азовского моря // Экологические системы и приборы.– Санкт Петербург: Научтехлитиздат, 2005.– № 7.– С.3-8.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОАКТИВНОЙ ЭМАНАЦИИ ВБЛИЗИ ГРУНТОВЫХ И ВОДНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ДЕТЕКТОРА РАДИАЦИИ GMC-320

И.С.Подымов, Т.М.Подымова

*Южное отделение Института океанологии РАН, г.Геленджик
podymov@coastdyn.ru, tpodymova@inbox.ru*

В процессе изучения радонового потенциала Таманского п-ова довелось столкнуться с проблемой высокой трудоемкости проведения исследований. Для названных целей использовался метод лабораторного измерения удельной активности радона в пробе с последующим пересчетом в плотность потока радона с поверхности и, далее, в распределение объемной активности радона над поверхностью [1]. Метод основан на использовании циркуляционного способа перевода смеси радона и воздуха из свободного объема емкости с пробой в рабочую камеру измерительного блока. Полный цикл измерения радоновой активности одного образца пробы занимает по времени, примерно, двое суток.

Рассмотрим физические свойства распада радона. Изотопы радона, испуская альфа-частицы, превращаются в твердые радиоактивные изотопы, не имеющие отношения к группе инертных газов. В цепочку распада входят короткоживущие и долгоживущие изото-

пы. К основным короткоживущим изотопам относятся ^{218}Po , ^{214}Pb и ^{214}Bi . В ранних исследованиях [2] было замечено, что объемная активность радона находится в равновесии с дочерними короткоживущими продуктами распада. Т.е. величина скрытой энергии объемной активности радона равна энергии распада дочерних короткоживущих продуктов и описывается уравнением:

$$\mathcal{E}POA_{Rn} = OA_{Rn} \cdot F = 0,1046A_{Po} + 0,5161A_{Pb} + 0,3793A_{Bi},$$

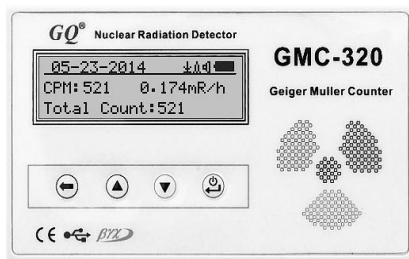
где $\mathcal{E}POA_{Rn}$ – эквивалентная равновесная объемная активность радона; OA_{Rn} – объемная активность радона; F – коэффициент равновесия между радоном и продуктами распада (в среднем, лежит в диапазоне 0,4 – 0,5); A_{Po} , A_{Pb} , A_{Bi} – объемные активности короткоживущих продуктов распада радона.

Активность (A) – мера радиоактивности какого-либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени: $A = dN/dt$, где dN – ожидаемое число спонтанных ядерных превращений из данного энергетического состояния, происходящих за промежуток времени dt . Единицей активности является беккерель (Бк). 1 беккерель – 1 распад в секунду. Объемная активность – отношение активности A радионуклида в веществе к объему V вещества: $A_V = A/V$. Единица объемной активности – беккерель на метр кубический, Бк/м³.

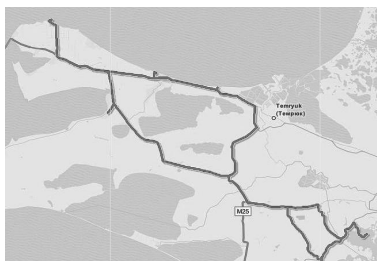
Изложенная физика процесса говорит, что если осуществлять замер активности $\beta\gamma$ распада дочерних короткоживущих продуктов распада радона, – методом обратного расчета можно найти объемную активность радона. Преимущество такого подхода в том, что замер уровня $\beta\gamma$ излучений осуществляется с частотой 1 Гц с осреднением от 1 мин. Это позволит на порядки сократить процесс картирования радоноопасности исследуемых территорий.

Для этой цели был приобретен бета-гамма радиометра GMC-320 американской фирмы GQ electronics. Его основные достоинства: компактность, большой объем встроенной памяти (до 10 суток записи при ежесекундном замере радиоактивного фона), высокая автономность по энергопитанию, достойное программное обеспечение, а также доступность использования записанных данных для обработки в распространенных математических программах. Для калибровки прибора используется эталон, содержащий радиоактивный элемент ^{232}Th .

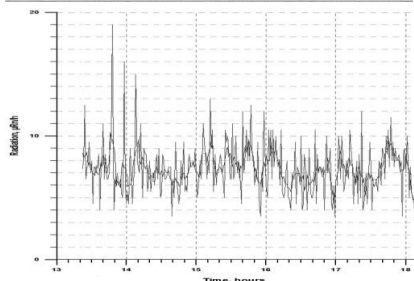
Первые результаты использования прибора показали, что за 75 % естественного радиоактивного фона отвечает радиоактивность дочерних короткоживущих продуктов распада радона. При этом непосредст-



а



б



в

Рис.1. Внешний вид радиометра (а), фрагмент трека однодневного экспедиционного маршрута (б), радиационный фон по маршруту (в).

венно над излучающей поверхностью радиоактивный фон составляет всего 25 %. Своего максимума он достигает при возвышении над поверхностью, примерно, на 2 м. Дальнейшее распределение объемной активности радона над поверхностью происходит по модели переноса изотопов радона и продуктов их распада в атмосферу [3]. Одной из функций прибора является замер количества радиоактивных распадов в единицу времени. Объем измерительной камеры известен. Это значит, что используя изложенные выше алгоритмы достаточно просто пересчитать фиксируемые значения в объемную активность в Бк/м³. На рис.1 показан внешний вид GMC-320, фрагмент трека однодневной экспедиции, радиационный фон по всему маршруту.

Исследования проводятся в рамках проектов Российского фонда фундаментальных исследований 12-05-00946 и 13-05-96508.

1. Подымова Т.М., Подымов И.С. Лабораторный стенд для измерения удельной активности радона в пробах воды и грунта на основе прибора Radon Gas Detector HS71512 // Береговая зона – взгляд в будущее (Материалы XXV Международной береговой конференции).– Краснодар: Издательский дом – Юг, 2014.
2. Источники, эффекты и опасность ионизирующей радиации. Доклад НКДАР ООН за 1988 г. В 2-х томах.– М.: Мир, 1992.– 560 с.
3. Яковлева В.С. Методы определения объемной активности изотопов радона и продуктов распада в воздухе.– Томск: ТПУ, 2010.– 119 с.

РАЗРАБОТКА ДЕШЁВЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ПОДВОДНОЙ СРЕДЫ

В.Б.Илюшин

*Егорьевский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН», г.Егорьевск, Московская обл.
vl.iliouchin@stankin.ru*

Существуют две разновидности необитаемых подводных аппаратов для наблюдения:

- подводный робот, связанный с надводным судном кабелем и управляемый оператором;
- полностью автономный подводный робот, работающий по заданной программе.

Пока более широкое применение находит телеуправляемые подводные аппараты, фактически дистанционная подводная видеокамера, телеуправляемые подводные аппараты ГНОМ (<http://www.gnomrov.ru/>), или подводные аппараты ИПМТ ДВО РАН (<http://www.imtp.febras.ru/podvodnaya-robototexnika.html>).

В данном сообщении речь пойдёт об автономном подводном аппарате, который можно создать в рамках любительского проекта OpenROV (<http://openrov.com>). При рабочей глубине 100 м аппарат имеет цену комплектующих около 830\$, что на порядок дешевле любого коммерческого аппарата. Все материалы проекта, чертежи, программы и спецификации для закупки комплектующих в интернет-магазинах находятся в открытом доступе и при желании, каждый может заказать по частям, собрать и наладить свой подводный аппарат. В движение в горизонтальной и в вертикальной плоскости он приводится бесколлекторными электродвигателями постоянного тока.

В настоящее время аппараты проекта OpenROV являются телеуправляемыми и имеют кабельное соединение с компьютером. Основная сложность разработки полностью автономного аппарата OpenROV заключается в разработке алгоритмов автономного движения и выполнения требуемых подводных операций, в том числе с применением датчиков, в первую очередь, предупреждающих столкновение с твердой поверхностью и позволяющих изменить направление движения при наличии препятствия. Алгоритмы реализуются в идее программного обеспечения для программируемых логических контроллеров. Автор использовал для моделирования работы алгоритмов движения микроконтроллер Atmel AVR, который

программируется через интерфейс связи RS-232 с помощью интегрированной среды разработки Arduino — кроссплатформенного приложения на языке программирования Java, включающее в себя редактор кода, компилятор и модуль передачи прошивки в плату с микроконтроллером Atmel AVR. Среда разработки основана на языке программирования Processing, который в сущности является языком C/C++, дополненный некоторыми библиотеками.

Проблема унификации разработки алгоритмов движения и соответствующего программного обеспечения на самом деле стоит на сегодня для всех типов автономных подводных аппаратов. Конечно, заложить в программируемый логический контроллер алгоритм движения и выполнения операций на все случаи подводных исследований однозначно не удастся, даже с помощью алгоритмов искусственного интеллекта у подводных аппаратов. По аналогии с решением задач программирования робототехнических систем в других сферах деятельности, например, программирование станков с ЧПУ, автоматических линий и т.п., можно предложить начинать решать рассматриваемую задачу с определения траектории движения, перечня конкретных манипуляций бортовых исполнительных механизмов, предусмотрев те или иные препятствия в подводной среде в виде скальных образований, лабиринтов, сильных течений и т.д. Далее следует выбор основного сенсора и модель его применения. «В итоге в основном решается алгоритмическая задача перемещения сенсора в заданной области нужным образом» [1]. Такой подход к проектированию подводной робототехники получил названия «от задачи».

На сегодня существуют много программных сред с перечнем команд (объектов, подпрограмм) для программирования алгоритмов движения мобильных робототехнических систем, но в основном ориентированных на наземное и авиационное применение. Тем не менее, очевидно, что подобные среды можно и нужно применять для подводной робототехники, дополняя их специфическими для подводной среды командами, в том числе работы с датчиками обратной связи. Загрузка (прошивка) разработанной программы в бортовой контроллер движения из программной среды труда не составляет.

Вариант такого подхода на базе среды разработки программ движения мобильных роботов Arduino автор и предлагает. Более того, имитационное моделирование действий мобильного робота в реальных подводных условиях можно проводить на базе программ-

ного обеспечения Microsoft Robotics Developer Studio 2008 R3 [2], что анонсировалось ещё в работе [3].

1. Ляхов Д.Г. Современные задачи подводной робототехники // Подводные исследования и робототехника.– 2012.– № 1/13.– С.15-23.
2. Гай В.Е. Microsoft ® Robotics Developer Studio. Программирование алгоритмов управления роботами.– М.: ЭКОМ Паблишерз, 2012.– 184 с.
3. Инзарцев А.В., Матвиенко В.Ю. Визуальная среда разработки заданий для автономных подводных роботов // Подводные исследования и робототехника.– 2008.– № 1/15.– С.49-50.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ ДНА АКВАТОРИЙ ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАСШИРЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО- СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ НА ПРИЛЕГАЮЩЕМ К КРЫМУ ШЕЛЬФЕ

С.В.Белецкий, О.А.Белокрыс

*Государственное унитарное предприятие Республики Крым «Крымгеология»
beletsky_geo@mail.ru, olga_al_bel@mail.ru*

В силу своего географического положения Черное и Азовское моря с древних времен всегда являлись важнейшими бассейнами для многочисленных народов, населявших их побережье, с точки зрения кормовой базы. Минеральные ресурсы этих водоемов начали изучаться и использоваться значительно позднее в IX – XX вв.

Особенно плодотворным в изучении геологического строения и истории развития Черноморского бассейна был довоенный период (1917 – 1941 гг.). Под руководством С.А.Зерновой, Ю.М.Шокальского, Е.Ф.Скворцова, В.А.Снежинского в 1923 – 1933 гг. были проведены крупные экспедиции, в ходе которых выполнен значительный объем пробоотбора донных илов трубками. Эти исследования предоставили важный фактический материал для научных работ А.Д.Архангельского, М.М.Страхова и др.

В довоенный период были также начаты и геофизические исследования в виде магнитометрии методом маятниковой съемки (1930 – 1933 гг.).

Послевоенный период геологического изучения знаменуется расширением детализационных исследований по стратиграфии, геоморфологии, динамики придонных процессов, литологии, минералогии и геохимии донных осадков, изучением глубинного строения и

предпосылок возникновения Черноморской впадины. В этот же период работы по изучению Азовского моря развернул Государственный океанографический институт.

В этих работах принимают участие коллективы многих научно-исследовательских институтов, учебных заведений и производственных организаций УССР и СССР.

Значительный вклад в изучение глубинного строения Черноморской впадины путем геологической интерпретации геофизических материалов внесли С.Т.Суботин, В.Б.Сологуб, И.Я.Гаркаленко, О.В.Чекунов, Я.П.Маловицкий, Е.Е.Милановский, Д.А.Туголесов, а стратиграфии четвертичных отложений и геологической истории Черного моря работы П.В.Федорова.

Важным этапом для изучения стратиграфии неоген-четвертичных отложений Черного моря стали результаты рейса американского бурового судна "Гломар Челенджер" в 1977 г.

С бурения в 1975 г. первой глубокой скважины на поднятии Голицына, которая на забое, при глубине 5064 м, вскрыла меловые отложения, начался новый этап по изучению глубинного строения Азово-Черноморского бассейна. К настоящему времени на прикрымском шельфе пробурено более 20 глубоких скважин, которыми вскрыты мезозойские отложения и палеозойский складчатый фундамент (рис.1).

Основной вклад в изучение верхнего осадочного чехла дна акваторий Азово-Черноморского бассейна, представленного четвертичными отложениями, внесли площадные работы производственных организаций Крыма, Одессы и Геленджика, а также рейсы отдела морской геологии НАН Украины под руководством академика Е.Ф.Шнюкова, проведенные в период с 1975 по 1997 гг. (рис.1). Площадные работы проводились в различном масштабе и носили различное назначение. Работы по изучению литологического состава голоценовых отложений на шельфе выполнены в масштабе 1 : 200 000, а на континентальном склоне и в глубоководной впадине Черного моря в масштабе 1 : 500 000. Кроме того, на шельфе выполнены геологосъемочные работы масштаба 1 : 200 000 в Азовском море и северо-западной части Черного моря, а масштаба 1 : 50 000 в Каркинитском заливе, Керченском проливе и южной части Азовского моря. Поисково-оценочные работы на строительные пески были проведены в Каркинитском заливе, у южного и восточного побережья Крыма и в Керченском проливе (рис.1).

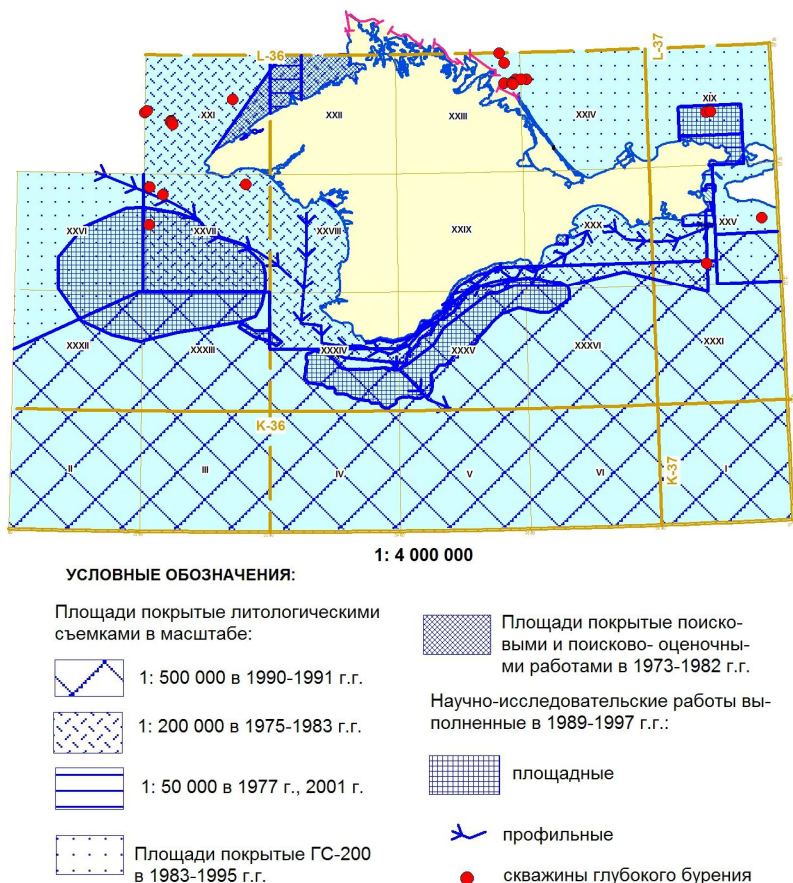


Рис.1. Схема геологической изученности дна акватории Черного и Азовского морей.

Именно результаты этих работ легли в основу комплекта геологических карт масштаба 1 : 500 000 Черного и Азовского моря, подготовленного к изданию специалистами ГГП «Причерноморгеология» (г.Одесса) и КП «Южэкогеоцентр» (г.Симферополь) в 2013 г. (представлены в докладе).

С начала поисковых работ, на прикрымском шельфе опосковано и разведано более десятка месторождений строительных материалов, в основном строительных песков. Все они расположены в прибрежной зоне или во внутренних водоемах, что при их эксплуа-

тации зачастую вызывает негативные экзогенные процессы на побережье и другие проблемы экологического характера. В настоящее время, по различным причинам, объемы добычи строительных песков на прикрымском шельфе резко сократились. При имеющемся остром дефиците строительных песков в Крыму и возможностями современных технологий по добычи песков с глубин до 60 м, резко возросла востребованность на вышеуказанные геологические материалы как основы для постановки поисковых и разведочных работ.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОПЕРАТИВНОГО КОНТАКТНОГО МОНИТОРИНГА ОТКРЫТЫХ И ПРИБРЕЖНЫХ ВОДНЫХ АКВАТОРИЙ НА ОСНОВЕ ДРИФТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Е.М.Быков, Е.Г.Лунев, С.В.Мотыжев, А.П.Толстошеев

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
marlin@marlin-yug.com*

Значительная антропогенная нагрузка, которой подвержены морские воды южных акваторий, крайне негативно сказывается на экологической обстановке в регионе: приводит к развитию антропогенных эвтрофикационных процессов, значительному загрязнению морских вод, сокращению объема рыбных ресурсов, снижению качества рекреационных ресурсов, появлению угрозы здоровью населению. С активизацией освоения природных ресурсов и интенсификацией судоходства риск загрязнения морской среды возрастает. Отсутствие достаточного количества оперативной информации о состоянии открытых и прибрежных водных акваторий, необходимой как для своевременного предупреждения о возникновении аварийных ситуаций, так и в целях долгосрочного планирования при освоении морских природных ресурсов, требует создания специальных мониторинговых систем, позволяющих успешно решать задачи такого уровня.

В последние два десятилетия одним из основных источников систематической оперативной комплексной информации о состоянии деятельного слоя океана и приподной атмосферы стали автономные дрейфующие платформы сбора и передачи данных по каналам спутниковой связи – поверхностные дрейфтеры. Современные измерительно-информационные возможности дрейфтеров позволяют выполнять контактные измерения параметров среды в любом районе Мирового океана, обеспечивая доставку информации пользователям в режиме

времени, близком к реальному, а финансовая эффективность наблюдений такова, что получение подобной информации другими методами невозможно в силу несопоставимости затрат.

В сложившейся на сегодня структуре дрейфтерных исследований Морской гидрофизический институт (МГИ) стал одним из мировых центров разработки и совершенствования дрейфтерных технологий. К 2014 г. сотни дрейфтеров различных модификаций, разработанных и изготовленных в МГИ, были экспортированы в научные центры десятков стран и развернуты в различных регионах Мирового океана.

Одним из наиболее важных направлений деятельности МГИ является установление постоянного мониторинга Азово-Черноморского бассейна. С 1999 г. в Черном море было развернуто более 90 дрейфтеров. Черноморские эксперименты позволили получить уникальные систематические оперативные данные о циркуляции поверхностных вод, изменчивости термических процессов в верхнем слое моря и давления в приводном слое атмосферы.

Основным результатом деятельности МГИ в области развития дрейфтерных технологий является создание инновационных методов и средств дрейфтерных наблюдений: термопрофилирующего дрейфтера, ориентированного на исследование термических процессов в верхнем слое моря; специализированного дрейфтера для мониторинга ледовых образований; дрейфтера со встроенным приемником системы глобального позиционирования GPS для изучения циркуляции поверхностных вод в диапазоне мезомасштабной изменчивости; программно-аппаратных модулей адаптации дрейфтеров к системам сотовой связи GSM для мониторинга прибрежной зоны и спутниковой связи Iridium для передачи больших объемов информации.

В последние годы значительно возрос интерес к дрейфтерным исследованиям со стороны целого ряда организаций Российской Федерации. С помощью дрейфтеров, разработанных в МГИ, обеспечивается информационная поддержка проектов по исследованиям Северного Ледовитого океана, Белого, Охотского, Каспийского и Черного морей. С учетом современных обстоятельств следует отметить позитивный опыт применения дрейфтеров с передачей информации по каналам сотовой связи для исследования циркуляции вод в Керченском проливе.

Успешное применение дрейфтеров по их прямому назначению стало причиной трансфера дрейфтерной технологии в создание информационно-измерительных систем, предназначенных для решения ряда прикладных задач: мониторинг уровня грунтовых вод, павод-

ковой обстановки, нефтяных загрязнений и др. Технические решения, послужившие основой для создания термопрофилирующего дрейтера, эффективно используются в постоянно действующей системе оперативных наблюдений термических процессов в шельфовой зоне Черного моря, размещенной на контрольно-калибровочном полигоне Экспериментального отделения МГИ.

При очевидных преимуществах дрейтерного мониторинга до недавнего времени оставалось малоэффективным использование его результатов для полноценного дальнейшего анализа и адекватного реагирования на изменчивость окружающей среды. Причина этого в отсутствии формализованных в соответствии с современными требованиями массивов дрейтерных данных и, как следствие, в ограниченном доступе пользователей к полученной информации. В связи с этим в МГИ была решена задача систематизации и обработки данных дрейтерного мониторинга Черного моря и их экспорта в базу океанологических данных.

Дальнейшее совершенствование дрейтерной системы наблюдений позволит обеспечить пользователей надежной информацией о состоянии среды для принятия управленческих решений, корректировки действующих и обоснования будущих хозяйственных проектов, повысить эффективность операций на море и избежать негативных экологических последствий хозяйственной деятельности.

ТЕЧЕНИЯ В ВЕРХНЕМ СЛОЕ МОРЯ ПО ДАННЫМ ADCP-НАБЛЮДЕНИЙ С ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

А.Н.Морозов¹, Е.М.Лемешко¹, С.А.Шутов¹, В.В.Зима¹,
Д.В.Дерюшкин¹, А.С.Кузнецов², Н.В.Белоус¹

¹*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь*

²*Экспериментальное отделение*

Морского гидрофизического института, пгт.Кацивели

Кратко обсуждаются методические вопросы использования акустического доплеровского профилометра течений (ADCP) для проведения измерений с океанографической платформы морского гидрофизического института. Основная проблема, возникающая при использовании прибора в условиях платформы, заключается во влиянии ее подводных конструкций на качество получаемой информации, что приводит к ограничению диапазона глубин выполняемых измерений до 10 – 15 м. Детально рассматриваются результаты на-

блюдений, выполненных 17 – 21 мая 2013 г. Проведено сравнение данных *ADCP* и измерителя течений МГИ-1308, показавшее удовлетворительное соответствие, среднеквадратическое расхождение составило менее 1,5 см/с. Приведены спектры временной изменчивости и характеристики вертикальной структуры течений в верхнем слое моря. Спектр пульсаций скорости течений представляется степенной зависимостью с показателем “-2” в диапазоне частот до 3 цикл/час. На более высоких частотах поведение спектра определяется короткопериодными внутренними волнами, кинетическая энергия которых составляет менее 2 % кинетической энергии внутренних волн. Среднеквадратический профиль модуля скорости течений проявляет поведение близкое к логарифмической зависимости в верхнем 10 м слое. Соответствующая скорость трения составила 0,48 см/с. Скорость проникновения кинетической энергии в толщу вод, рассчитанная с использованием “пристеночной” модели турбулентности, составила $2,5 \cdot 10^{-4}$ м/с. Числа Ричардсона в 20 % случаев имеют значения меньше критического 0,25. Осредненная зависимость квадрата сдвига скорости течений от квадрата частоты плавучести хорошо воспроизводится функцией $\langle Sh^2 \rangle \propto \sqrt{\langle N^2 \rangle}$ при $N > 6$ цикл/час. Материалы, представленные в докладе, наглядно демонстрируют возможности использования *ADCP* для более детального исследования временной изменчивости вертикальной структуры поля скорости течений, в сравнении с приборами постоянного мониторинга.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДОЛГОСРОЧНЫХ ПОЛИГОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕЧЕНИЙ У ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

А.С.Кузнецов

*Экспериментальное отделение
Морского гидрофизического института, пгт.Кацивели*

Рассматриваются результаты развития информационной технологии мониторинга динамики течений традиционными эйлеровыми измерителями [1] в составе морской наблюдательной системы Черноморского экспериментального полигона междисциплинарных исследований (пгт.Кацивели) у южного берега Крыма. Выполнен сравнительный анализ погрешностей при проведении долгосрочных полигонных измерений течений традиционными эйлеровыми и современными перспективными измерителями, обсуждаются преимуще-

щества новой информационной технологии и перспективы развития информационной системы ЭО МГИ на основе натурных данных долгосрочных исследований течений в регионе.

Достоверная оценка состояния и изменчивости морских потоков энергии и вещества требует длительных непрерывных наборов репрезентативных характеристик структуры морских течений в регионе. МГИ имеет многолетний опыт натурных исследований динамики морской среды с использованием различных наблюдательных систем, как традиционных автономных эйлеровых измерителей, так и лагранжевых измерителей (дрифтеров) и профилометров (типа ADCP). В условиях прибрежной зоны из-за интенсификации и специфики средне- и мелкомасштабной динамики вод существенно возрастают динамические виды погрешности ряда методов измерений.

Дается краткое описание технических средств контроля динамики морской среды в районе полигона, объема анализируемых натурных данных, текущее состояние и перспектива развития информационной технологии контроля динамики прибрежных вод как совокупности перспективных измерительных средств, способов организации долгосрочного натурного эксперимента и комплексной обработки. Приборная база эксперимента основана на эйлеровых измерителях, интегрирующих натурные векторные характеристики в заданных пространственно-временных пределах.

Представлены результаты работ, выполненных в ЭО МГИ и МГИ в течение нескольких последних лет в рамках научных тем целевых комплексных программ научных исследований НАН Украины.

Цель работы: формирование репрезентативных текущих оперативных и архивных долгосрочных векторных данных эйлеровых измерителей течений при использовании новой информационной технологии для последующего усвоения этих данных в субрегиональной ресурсно-ориентированной информационно-аналитической системе ЭО МГИ.

Комплексный анализ рядов динамики необходим для последующих исследований энергетики, эволюционной направленности и причинно-следственных связей глобальных и локальных гидродинамических процессов и явлений в регионе.

1. Kuznetsov A.S. Technology for marine environment dynamics control in the coast area / IC Marine Research Horizon 2020.– Varna, Bulgaria, 2013.– P.43.

НАТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КРУПНОМАСШТАБНОЙ ДИНАМИКИ ТЕЧЕНИЙ У ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

А.С.Кузнецов¹, В.А.Иванов², В.В.Зима²

¹Экспериментальное отделение

Морского гидрофизического института, пгт.Кацивели

²Морской гидрофизический институт, г.Севастополь

Внедрение информационной технологии контроля динамики морской среды в прибрежной зоне на Черноморском экспериментальном полигоне междисциплинарных исследований (пгт.Кацивели) позволило сформированы долгосрочные (2009 – 2013 гг.) векторные ряды динамики течений на гидрологических горизонтах в слое от 3 до 25 м. Комплексный анализ сформированных рядов динамики позволил выполнить исследования энергетики, вертикальной структуры и пространственно-временной изменчивости течений в районе стационарной океанографической платформы, оценить эволюционную направленность и причинно-следственных связи ряда глобальных и локальных гидродинамических процессов и явлений в регионе.

Представлены результаты работ, выполненных в ЭО МГИ и МГИ в течение 2013 – 2014 гг. в рамках научных тем целевых комплексных программ научных исследований НАН Украины.

Цель работы: Натурные исследования особенностей крупномасштабной динамики течений в прибрежной зоне по данным вертикальных измерительных антенн векторно-усредняющих измерителей течений типа МГИ-1308.

По данным анализа долгосрочных (за период пять лет при дискретности 5 мин) измерений течений на пяти гидрологических горизонтах установлено, что среднегодовые течения от приповерхностного (3 м) до придонного (26 м) слоя в зависимости от глубины измерения имеют значения модуля от 9 до 7 м/с в западных направлениях вдоль берега при слабой межгодовой изменчивости, но при четко выраженном сдвиге направления течения по спирали от поверхности до дна на величину порядка 60 угловых градуса.

Внутригодовая изменчивость течений имеет выраженный сезонный характер на периодах колебаний от полугода и 90 суток при достоверном спадании кинетической энергии колебаний от поверхности до дна.

На текущих спектрах колебаний кинетической энергии течений четко выделяются разделяемые максимумы на колебаниях с периодами 10 и 5,5 суток (преобладание конкретного периода колебаний зависит от динамических условий конкретного года), а также регулярные колебания течений с периодом 3,5 суток.

Инерционные колебания течений на средних за год временных энергетических спектрах достоверно не выделяются, но периодически по сезонам принимают регулярный характер, в зависимости от динамики средне сезонных течений и внешних условий.

Регулярность колебаний течений на частотах выше инерционной частоты носит сложный характер и пространственно-временную структуру, зависящую от многих факторов, в том числе от конкретных гидрологических условий.

Дальнейший специальный анализ обширного эмпирического материала по течениям совместно гидрометеорологическими данными базы данных ЭО МГИ позволяет выявить природные закономерности и установить причинно-следственные связи исследуемых процессов и явлений.

ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД НА БАКАЛЬСКОЙ КОСЕ С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСА «ДОННАЯ СТАНЦИЯ»

В.З.Дыкман, О.И.Ефремов, М.С.Воликов

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
zaharovich_41@mail.ru, meiq@mail.ru*

Комплекс «Донная станция» имеет в своем составе:

- модуль измерителей динамических параметров – измеритель пульсаций трех компонент вектора скорости течения u , v , w ; измеритель температуры T и электропроводимости C ; измеритель гидростатического давления; измеритель крена, дифферента и виброускорений по трём осям;

- модуль измерителя показателя ослабления направленного света – прозрачномера;

- модуль трех накопительных измерителей взвеси (ловушки) с дистанционным считыванием количества накопленного вещества;

– модуль базового блока – центральный процессор, адаптеры измерительных модулей, трансивер, преобразователь питающих напряжений.

Кроме того, станция оснащена береговым устройством приема информации и сопряжения с персональным компьютером.

При натурных исследованиях, выполняемых комплексом «Донная станция» скорость и направление придонного течения измерялись с помощью гидрометрической вертушки (ВГ-1-120/70), которая была модернизирована путем оснащения дополнительным электронным блоком и микроэлектронным компасом, реализующими алгоритм векторного осреднения результатов измерения.

Оперативные данные о скорости и направлении ветра были получены с помощью переносной метеорологической станции *Wireless Weather Station*, которая обеспечивает индикацию текущих и осредненных за период 10 минут значений параметров.

Ветровая обстановка в районе Бакальской косы характеризуется большой изменчивостью, и часто значительные вариации скорости и направления ветра происходят буквально за несколько часов. При этом для ветров западного сектора геометрия разгонов ветровых волн оказывается в определенной степени согласованной с указанными временными периодами, поэтому процессы формирования спектров волн в ситуациях их развития и затухания происходят достаточно быстро и могут быть исследованы в течение одной непродолжительной экспедиции.

Поскольку скорость ветра является определяющим параметром кинетической модели перемещения наносов, представляет интерес исследование характера зависимости непосредственно от силы ветра интенсивности всех процессов, определяющих движение взвеси вблизи берега. По результатам натурных исследований на Бакальской косе в июньской экспедиции 2011 г. были построены графики скорости ветра западного направления и скорости придонного течения на горизонте 0,25 м. При общем согласованном поведении кривых отмечаются значительные временные сдвиги, поскольку скорость течения является более инерционным объектом, чем скорость ветра. Представленная на графиках линейная зависимость является достаточно обоснованной, и полученный коэффициент пропорцио-

нальности может использоваться при сравнении с расчетами вдоль береговых течений в районе исследований.

Иллюстрацией возможностей комплекса «Донная станция» являются характеристики динамики придонного слоя, сопровождающие размыв узкой части косы во время экспедиции в конце августа – начале сентября 2010 г.

Последовательность событий можно установить по графику скорости и направления ветра, а также скорости и направления придонного течения на протяжении 2,5 суток.

Обращает на себя внимание период с утра 31 августа до вечера этого же числа. Устойчивый ветер северо-восточного направления силой до 7 м/с сформировал в этот период на восточной стороне Бакальской косы (в заливе) достаточно интенсивные волны, движущиеся вдоль береговой линии. Подтверждением являются спектры волновых составляющих компонент скорости потока, на которых энергия вдольбереговой компоненты примерно на порядок больше направленной по нормали. При таком направлении волн в активном придонном слое формируется гравитационный поток взвеси размывающего действия.

За ночь направление ветра перестраивается на западное, а прибрежное течение к утру приобретает северное направление. Комплекс «Донная станция» был к этому моменту перемещен на черноморскую часть побережья косы. К полудню 1 сентября сила западного ветра достигает 9 м/с, и, ослабленная предыдущим размывом со стороны залива перемычка не выдерживает воздействия волн. Индикатором размыва является зарегистрированная в период с полудня до шести вечера 1 сентября смена направления прибрежного течения с северного на северо-восточное, в сторону промоины, которая была зафиксирована визуально. В дальнейшем промоина только разрасталась.

В описанном случае катастрофическая ситуация вызвана не просто силой ветра и его продолжительностью, а самой последовательностью быстрого чередования неблагоприятных воздействий достаточно обычной интенсивности. Такое событие может быть названо низкоэнергетическим размывом.

ВОЛНЫ И ТУРБУЛЕНТНОСТЬ В ПРИБОЙНОЙ ЗОНЕ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ НА БАКАЛЬСКОЙ КОСЕ

В.З.Дыкман, О.И.Ефремов

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
zaharovich_41@mail.ru

Главной особенностью комплекса «Донная станция» является измерение трех компонент скорости течения в волновом и турбулентном участках спектра при посредстве единого пульсационного модуля.

На мелководье происходит быстрая трансформация приходящих с глубокой воды волновых пакетов, в результате чего в волновом спектре проявляется тенденция к монохроматическому поведению. Для изучения явлений взмучивания и переноса донных осадков за счет трансформации волн в береговой зоне целесообразно структуру волн, возникающих на глубокой воде под воздействием устойчивого ветра, представлять в виде интегрального волнового пакета, характеризуемого средними по спектру значениями частоты ω_0 и волнового числа k_0 , которые зависят от силы ветра U .

Построенная по результатам измерений зависимость частоты волнового пика в мелководных спектрах от силы ветра в основном соответствует модельным представлениям, но имеет значительный разброс, который может быть вызван тем обстоятельством, что характеристики поля ветра на линии разгона, определяющие условия формирования спектра волн в открытом море, могут не совпадать с измеренными в точке наблюдений на берегу.

Перемещение наносов под действием волн вблизи берега тесно связано с характеристиками придонной турбулентности. Непосредственно около дна существует активный слой толщиной несколько сантиметров, в котором интенсивность турбулентных движений зависит от фазы основной волны. Максимумы турбулентной энергии образуются дважды за период, за это время значительная часть крупных частиц успевают перейти во взвешенное состояние и совершить поступательно-возвратное перемещение в направлении распространения волны. В фазе минимумов турбулентной энергии в активном слое гидравлически крупные частицы опускаются на дно.

Измерения с помощью комплекса «Донная станция» фиксируют анизотропию скоростей в основной волне, когда в полупериоде при направлении к берегу амплитуда скорости несколько меньше при большей ширине импульса, а направленный от берега полупериод

оказывается более узким при большей его амплитуде. На основе этого явления строится модель перемещения крупной взвеси, в которой фазовая задержка в развитии придонного турбулентного слоя приводит к разному направлению суммарного движения наносов в зависимости от частоты волны. Для коротких периодов результирующий поток взвеси является аккумулялирующим, при низкой частоте основной волны – размывающим.

Существует достаточно протяженная придонная область, где взвесь одновременно находится под воздействием двух видов турбулентности – придонной и подповерхностной. При выбранной методике измерений комплекс «Донная станция» ставится обычно на глубине 1,5 м с расположением электромагнитного датчика флуктуаций скорости течения на расстоянии 0,25 м от дна. Для этих условий были рассчитаны показатели наклона спектров трех компонент скорости потока в фиксированном диапазоне частот от одного до десяти герц.

Отрицательный показатель наклона спектра на турбулентном участке зависит от интенсивности волновых флуктуаций скорости и по модулю составляет примерно два для больших придонных скоростей около метра в секунду, с возрастанием до трех и более при снижении волновых амплитуд до уровня порядка 0,2 м/с. Эти результаты согласуются с представлениями о доминировании на горизонте измерения при слабом волнении подповерхностной турбулентности, которая по эмпирическим данным характеризуется наклоном спектра минус три. При большей интенсивности волн область существования придонной турбулентности с наклоном спектра минус два расширяется и достигает горизонта измерения.

Мелкомасштабные пульсации скорости на фиксированном горизонте 0,25 м являются суммой двух видов турбулентности – подповерхностной, интенсивность которой уменьшается с глубиной, и придонной, затухающей при увеличении расстояния от дна. При усилении ветра возрастает интенсивность обеих составляющих, и роль придонной турбулентности становится более заметной, поскольку горизонт измерения располагается ближе ко дну, чем к поверхности.

Эти два главных вывода подтверждаются натурными исследованиями в районе Бакальской косы, который по многообразию гидрометеорологических ситуаций и интенсивности прибрежных литодинамических процессов является удобным полигоном для изучения закономерностей движения наносов в условиях мелководья.

АВТОНОМНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСПОРТА ДОННЫХ НАНОСОВ

М.С.Воликов

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
meiq@mail.ru*

Исследование транспорта донных наносов является важной областью в изучении физики морского шельфа, что связано с активным освоением прибрежной зоны в плане использования ее природно-ресурсного и рекреационного потенциала. Практическим аспектом исследований является возможность составления прогноза и оценки деформации береговой линии и донного ложа, что важно с позиции защиты берегов и различных морских сооружений.

Созданные в МГИ донные измерительные комплексы, позволяющие решать широкий круг задач по исследованию динамики придонного слоя и транспорта донных наносов, обладают избыточным, для решения некоторых инженерных задач, количеством измерительных модулей и требуют постоянного контроля со стороны обслуживающего персонала во время проведения исследований.

В частности, достаточным условием для оценки потоков взвешенного материала донных осадков, является определение таких параметров, как вертикальное распределение концентрации взвеси и скорость придонного течения.

Стоит отметить, что для получения информативно ценного массива данных особенно актуально проведение исследований в периоды экстремальных климатических условий на море (штормов). Имея цель охватить, по крайней мере, один шторм на самом волноопасном направлении, сроки наблюдений могут быть достаточно большими. Таким образом, выбран путь создания автономного измерительного комплекса, способного в течение хотя бы одного сезона (три месяца), без присутствия обслуживающего персонала выполнять измерения необходимых параметров.

Для реализации такого подхода были разработаны основные модули измерительной аппаратуры, отличающиеся чрезвычайно малым энергопотреблением, и носитель, обеспечивающий высокую гидродинамическую устойчивость и надёжную защиту межмодульных кабельных соединений.

Мобильный донный комплекс – МДК (рис.1) оснащён модулем измерителя скорости течения, позволяющим измерять две горизон-

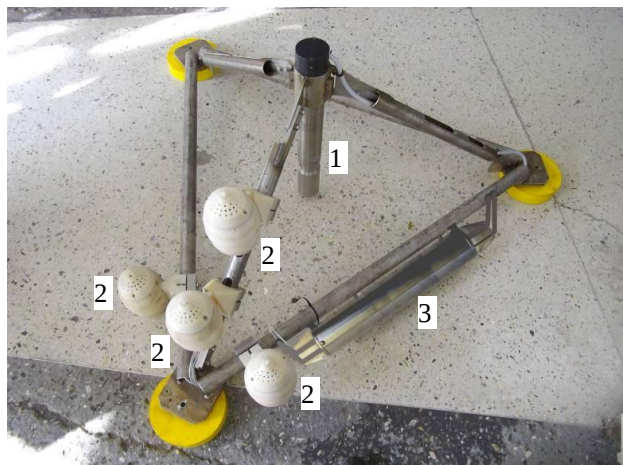


Рис.1. Мобильный донный комплекс – МДК (вид сверху): электромагнитный измеритель течений (1), ловушки взвеси (2), центральное устройство (3).

тальные (зональная и меридиональная) компоненты вектора скорости придонного течения, модулем сборников взвеси на четырёх горизонтах непосредственно у дна, и является полностью автономным.

Измеритель скорости течения – измеритель горизонтальных компонент вектора скорости течения – должен работать в специфических условиях: пульсации скорости превышают в десятки раз среднюю скорость переноса, а вода насыщена твёрдыми минеральными частицами, способными в короткое время вывести из строя вращающиеся элементы традиционных механических преобразователей скорости (вертушек). Поэтому был выбран принцип электромагнитного преобразования скорости движения электропроводящей жидкости в электрические потенциалы измерительных электродов.

Для контроля состава взвешенного в воде вещества и изменения его концентрации во времени, в МГИ разработаны и применяются ловушки взвеси с дистанционным считыванием количества накопленной взвеси, которые позволяют получать объективную информацию о динамике накопления взвеси в ловушке, а точное определение количества и состава взвеси производится после завершения работы прибора.

Модули мобильного комплекса соединены с центральным устройством с помощью кабелей, проложенных в трубчатом каркасе носителя. Центральное устройство выполняет обработку выходных сигналов

модулей, формирует и сохраняет массивы данных во внутреннюю энергонезависимую память. Для повышения показателей автономности и отказоустойчивости, прибор оснащен специальной микропроцессорной системой управления питанием и диагностики неисправностей.

Измерительные модули мобильного донного комплекса могут функционировать в том числе, и как отдельные автономные единицы. В данном случае, прибор оснащается собственным блоком обработки и накопления данных, а также батареей меньшей емкости, и может быть установлен на носители различных типов. Такой подход позволяет применять средства комплекса для решения более широкого спектра задач.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОРСКОЙ ПРИБРЕЖНОЙ СТАНЦИИ «БРИЗ» ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ВОД У ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

В.А.Гайский, П.В.Гайский, А.В.Клименко, В.И.Забурдаев

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
oaoimhi@inbox.ru*

Морская прибрежная станция «Бриз» предназначена для проведения измерений в море при постановке на глубинах до 50 м и расстояниях от берега до 500 м.

Станция была создана по заказу Гидрометеослужбы Украины и успешно прошла Государственные приемочные испытания в 2007 г. С тех пор она ежегодно проходит ведомственную аттестацию и ставится на опытную эксплуатацию в летне-осенний сезон на океанографической платформе в экспериментальном отделении МГИ в п.Кацивели. При этом осуществляется как накопление измерительной информации с передачей данных по сети Интернета в центр океанографических данных МГИ, так и модернизация технических и программных средств.



Рис.1. Погружной блок станции

Погружной блок станции с измерительными модулями представлен на рис.1.

Достигнутые и подтвержденные характеристики измерительных каналов станции представлены в таблице.

Таблица 1. Метрологические характеристики измерительных каналов МПС «Бриз»

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерения	Случайная погрешность	Погрешность	Минимальный период опроса, с	Метрологическая долговечность минимальная	Модуль
1.	Гидростатическое давление, кПа (глубина, м)	0 ÷ 500 (0 ÷ 50)	± 0,2 (0,02)	± 2 (± 0,2)	1,0	4 года	МГХ
2.	Температура воды, °С	– 2 ÷ + 35	0,01	± 0,02	1,0	17 месяцев	МГХ
3.	Относительная электропроводимость воды, отн. ед. (соленость, епс)	0,01 ÷ 1,7 (0,3 ÷ 40)	1,5·10 ⁻⁴ (0,005)	± 0,003 (± 0,1)	1,0	25 суток	МГХ
4.	Объемная концентрация кислорода, см ³ /дм ³	0,1 ÷ 10	2 %	± 5 %	1,0	20 суток	МГХ
5.	Показатель ионов водорода, ед. рН	6 ÷ 9	0,03	± 0,1	1,0	16 суток	МГХ
6.	Спектральный показатель ослабления света, м ⁻¹	0,01 ÷ 1,0	0,002	± 10 %	1,0	4 суток	ИП
7.	Высота волн, м	0 ÷ 10	± 0,03	± 0,15	0,1	более 30 суток	ИПВ
8.	Период волн, с	1 ÷ 100	± 1	± 1 %	0,1	более 30 суток	ИПВ

Создано современное программное обеспечение обработки и представления данных в реальном масштабе времени, их передачи в сеть Интернет, постобработки, калибровки измерительных каналов.

Основным результатом опытной эксплуатации, кроме подтверждения метрологических характеристик, является установление времени наступления метрологических отказов, обусловленных биологическим обрастанием первичных преобразователей (датчиков) в водах у Южного побережья Крыма в летне-осенний сезон. Это время указано в таблице для каждого измерительного канала и определяет периодичность выполнения профилактических работ.

ВОЗМОЖНОСТИ КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОД С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЧЕСКИХ БИОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

П.В.Гайский¹, В.В.Трусевич²

¹*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь*

²*Карадагский природный заповедник, Крым*
gaysky@inbox.ru

Во многих лабораториях мира интенсивно разрабатываются экспресс-методы биоиндикации и биотестирования и на их основе – биоэлектронные системы мониторинга поверхностных вод для оценки в реальном масштабе времени качества воды как среды обитания гидробионтов. Наиболее перспективными для мониторинга водной среды в акватории Черноморского бассейна являются методы биомониторинга с использованием поведенческих реакций аборигенных видов гидробионтов – двустворчатых моллюсков – черноморской мидии. Такие методы позволяют осуществлять непрерывный автоматизированный комплексный биологический контроль с возможностью формирования сигнала тревоги при обнаружении любых видов отравляющих загрязнений. Высокая чувствительность к изменению параметров среды и особенности поведения моллюсков (схлопывание створок на продолжительное время или изменение ритмики движений в условиях стресса) легли в основу разработки метода регистрации изменений движения створок при воздействии различных факторов среды, позволяющего использовать его в качестве индикатора в мониторинговых наблюдениях.

С 2003 г. сотрудниками Карадагского заповедника и Морского гидрофизического института с помощью разработанных экспери-

ментальных образцов комплексов автоматической регистрации движений створок моллюсков проводятся лабораторные и натурные исследования. В 2012 г. проведен НИОКР по изготовлению первого промышленного образца комплекса автоматизированного биомониторинга "Биоохрана", обеспечивающего одновременный контроль за 16-ю параметрами и сопутствующими гидрологическими параметрами водной среды. Проведенные исследования дали возможность впервые провести долговременные регистрации движений створок черноморских мидий в натуральных условиях моря в различные сезоны года, оценить реакцию биосенсоров на воздействие хронических и внезапных токсикантов в воде и изучить суточные ритмы биологической активности. В лабораторных экспериментах установлено, что ответной реакцией моллюсков на острые химические воздействия является быстрое закрытие створок (в течение двух-трех секунд) на время присутствия загрязняющего агента в водной среде. Время возвращения моллюсков к нормальному ритму определяется природой, концентрацией и продолжительностью воздействия загрязняющего агента, т. е. степенью поражения тканей моллюска, и составляет от нескольких минут до нескольких суток. Была показана важность стабильного проявления циркадного ритма в движении створок как существенного показателя нормального физиологического состояния (здоровья) организмов-биоиндикаторов. Этот показатель может активно использоваться при настройке системы предупреждения об изменении состояния среды в биомониторинговых исследованиях и в экотоксикологических экспериментах.

Созданное программное обеспечение комплексов биомониторинга позволяет в автоматическом режиме обрабатывать, оценивать и передавать контрольно-измерительную информацию через системы связи, а также вырабатывать сигналы тревоги различного уровня опасности.

В рамках региональных программ по контролю за экологическим состоянием прибрежной акватории Крыма и Севастополя предлагается создание экономичных мобильных автоматизированных комплексов способных работать в автономном и телеметрическом режимах с возможностью оперативного размещения на объектах. Это позволит в реальном времени проводить общий анализ загрязненности, а также обнаруживать локальные выбросы отравляющих загрязнений.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ МОРСКОЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИБОРА ИСТ-1М

А.Н.Греков, Н.А.Греков, К.А.Кузьмин, М.А.Пасынков

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
oaoimhi@inbox.ru

Для оценки состояния водных акваторий предлагается использовать прибор ИСТ-1 М.

Методика проведения измерений прибором позволяет исследовать распределение гидрофизических полей морской среды.

В таблице 1 приведены характеристики измеряемых и расчетных параметров, которые можно получить прибором ИСТ-1М.

Прибор ИСТ-1М измеряет скорость и направление течения, температуру, скорость звука, давление (глубину). По измеренным значениям температуры, скорости звука и давления, используя уравнения состояния, дополнительно определяются соленость и плотность [1, 2].

При опытной эксплуатации прибора ИСТ-1М были проведены измерения в Днепро-Бугском лимане и построены карты полей измеряемых и расчетных параметров. Для примера на рис.1 приведена карта поля вектора течения, полученная по данным измерений прибора ИСТ-1М в Днепро-Бугском лимане.

Аналогичные карты полей температуры, солености, плотности и скорости звука можно строить для различных горизонтов по результатам обработки измерений, полученных прибором. Кроме карт полей, есть возможность построения вертикального распределения указанных параметров.

Таблица 1. Технические характеристики и расчетные параметры ИСТ-1М

измеряемые и расчетные параметры	диапазон измерения	случайная погрешность	погрешность
Гидростатическое давление, кПа (глубина, м)	0 ÷ 50 (0 ÷ 5) ... 0 ÷ 10000 (0 ÷ 1000)	± 0,01 %	± 0,1 %
Скорость течения, м/с	0,001 ÷ 5,00	± 0,001	± 0,002
Температура воды, °С	-2 ÷ +35	± 0,01	± 0,02
Направление течения, °	0 – 360	± 0,5	± 2,5
Скорость звука, м/с	1400 ÷ 1600	± 0,02	± 0,2
Соленость, ‰	0 ÷ 40	± 0,01	± 0,04
Плотность, кг/м ³	994 ÷ 1062	± 0,01 %	± 0,1 %

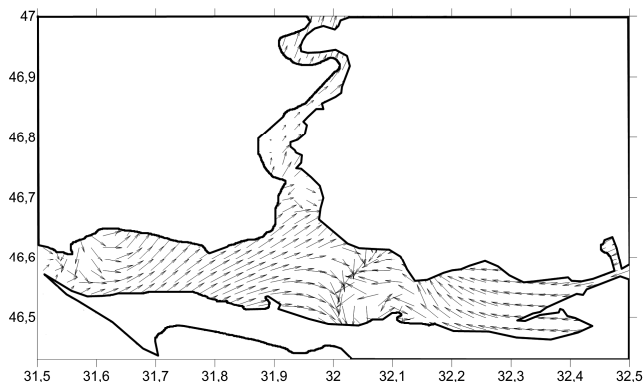


Рис.1. Карта поля вектора течения на Днепро-Бугском лимане.

1. IOC, SCOR and IAPSO, 2010: The international thermodynamic equation of seawater – 2010: Calculation and use of thermodynamic properties. Inter-governmental Oceanographic Commission, Manuals and Guides No. 56, UNESCO (English), 196 p. Available from the TEOS-10 web site. See Eqn. (2.8.2) of this TEOS-10 Manual.
2. Leroy C.C., Robinson S.P., Goldsmith M.J. A new equation for the accurate calculation of sound speed in all oceans // J Acoust Soc Am.– 2008.– Nov; 124(5): 2774-82.– doi: 10.1121/1.2988296.

О МЕТОДИКЕ НОРМИРОВАНИЯ СБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В МЕЛКОВОДНЫЕ АКВАТОРИИ (ЗАЛИВЫ, ЛИМАНЫ, ПОРТЫ) ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ

Е.Е.Совга¹, И.В.Мезенцева²

¹Морской гидрофизический институт, г.Севастополь

²Севастопольское отделение ФГБУ «Государственный океанографический институт им. Н.Н.Зубова», г.Севастополь
science-mhi@mail.ru

Современное экологическое состояние мелководных прибрежных морских акваторий в ряде случаев считается критическим и требует научно-обоснованного подхода к его нормализации. В настоящем сообщении рассматривается оценка способности морской экосистемы к самоочищению на основе расчета ее ассимиляционной емкости, рекомендуемая для нормирования плановых сбросов загрязняющих веществ (ЗВ). Представлены конкретные примеры реализации предлагаемой методики.

Ассимиляционная емкость (АЕ) – это способность морской экосистемы выдерживать добавление некоторого количества ЗВ без развития необратимых биологических последствий [1, 2]. АЕ имеет размерность потока вещества – массы вещества в единице объема, отнесенной к единице времени. При оценке АЕ наиболее сложным является расчет интегрального времени пребывания ЗВ в исследуемой экосистеме, которое в значительной степени определяется физико-химическими свойствами конкретного ЗВ, гидродинамическими параметрами акватории и комплексом процессов (физических, химических, микробиологических) отвечающих за деструкцию ЗВ или его вынос за пределы исследуемой акватории. Реализация унифицированного метода оценки способности экосистем к самоочищению предполагает следующий алгоритм проведения исследований [3]:

1. Комплексные мониторинговые наблюдения за содержанием ЗВ (как в биотических, так и в абиотических компонентах экосистем), являющиеся базовой составляющей и способные дать прогностическую оценку экологической ситуации с целью определения приоритетного ЗВ для конкретной экосистемы, а также показать необходимость районирования исследуемой акватории по уровню ее загрязненности (количества источников ЗВ и объемов сбросов).

2. Оценка АЕ конкретной экосистемы путем имитационного математического моделирования по отношению к приоритетному ЗВ с учетом физико-химических свойств ЗВ, интегрального времени элиминации через изменение валового содержания в воде за счет воздействия динамических, физических, химических и биологических процессов, что позволит количественно определить активность природного самоочищения экосистемы.

3. Формирование по результатам оценки АЕ и ее сезонного изменения практических рекомендаций по нормированию плановых сбросов приоритетных для исследуемой экосистемы ЗВ с целью выработки стратегии управления качеством морской среды.

Оценка АЕ экосистемы по отношению к приоритетному ЗВ проведена на основе модели, описанной в [2], с учетом статистического метода расчета времени удаления токсического вещества.

Итоговые формулы для оценки среднего значения $\bar{A}_{mi}$ и среднеквадратичного отклонения $\sqrt{D[A_{mi}]}$ ассимиляционной емкости морской экосистемы (m) по отношению к i -ому ЗВ выглядят так:

$$AE_{mi} = \bar{A}_{mi} \pm \sqrt{D[A_{mi}]},$$

$$\bar{A}_{mi} = \frac{Q_m \cdot C_{thri}}{C_{max i}} \cdot \bar{v}_i, \quad D[A_{mi}] = \left(\frac{Q_m \cdot C_{thri}}{C_{max i}} \right)^2 \cdot D[v_i],$$

где Q_m – объем воды в расчетной области; C_{thri} – пороговая концентрация ЗВ; $C_{max i}$ – максимальная в экосистеме концентрация ЗВ; v_i – скорость удаления ЗВ из экосистемы, среднее значение $\bar{v}_i$ и дисперсия $D[v_i]$ которой определяются по оригинальному алгоритму [4].

В качестве примера рассмотрена реализация предлагаемой методики в отношении нефтепродуктов (НП) на базе мониторинговых гидрохимических наблюдений в акваториях портов Одесса и Николаев. Дана сравнительная характеристика акваторий в процессе оценки их АЕ. Показаны особенности сезонного изменения способности акваторий к самоочищению.

Воды исследуемых акваторий согласно Индекса загрязненности вод по приоритетным ЗВ характеризовались как загрязненные, грязные или очень грязные, что соответствует IV – VI классам качества. Скорость удаления НП из исследуемых морских экосистем в теплый определялась главным образом их концентрацией, в холодный период также существенное влияние на изменение скорости элиминации оказывал температурный режим морских вод. Количественная оценка сезонного изменения величины АЕ показала, что даже при относительно равной средней концентрации НП способность морской экосистемы к их удалению в холодный период снижена вдвое в сравнении с теплым периодом года. Ослабление способности морской экосистемы к самоочищению в холодный период года диктует необходимость адекватного ужесточения контроля над поступлением ЗВ.

1. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Об ассимиляционной емкости Мирового океана // Докл АН СССР.– 1983.– т.272, № 3.– С.702-705.
2. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Антропогенная экология океана.– М.: Гидрометеиздат, 1989.– 528 с.
3. Совга Е.Е., Мезенцева И.В., Любарцева С.П. Оценка ассимиляционной емкости экосистемы Днепровского лимана в отношении нефтепродуктов как метод нормирования их сброса в акваторию лимана // Докл. НАН Украины. Математика, природоведение, технические науки.– 2011.– № 10.– С.105-109.
4. Совга Е.Е., Любарцева С.П., Мезенцева И.В. Оценка способности экосистемы акватории Одесского порта к самоочищению в отношении фенолов и нефтепродуктов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010.– вып.22.– С.303-309.

АНАЛИЗ ПОТОКОВ КИСЛОРОДА И СЕРОВОДОРОДА НА ГРАНИЦЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КРЫМСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАК МЕТОД ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ АКВАТОРИИ

Н.А.Орехова, С.К.Коновалов

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
naorekh-2004@mail.ru*

Верхний слой донных отложений является зоной активных биогеохимических процессов, значительных вертикальных градиентов и потоков вещества и энергии между отложениями и придонным слоем вод. Наиболее важными веществами, характеризующими биогеохимические и биологические процессы на поверхности донных отложений, являются кислород и сероводород. Наличие кислорода обеспечивает существование бентосных сообществ, препятствует поступлению восстановленных форм биогенных элементов и загрязняющих веществ из донных отложений в придонный слой вод. Существенное снижение содержания кислорода (гипоксия), а особенно его исчезновение и появление сероводорода (аноксия), ведет к разрушению экосистем, возникновению источников вторичного загрязнения и эвтрофированию вод, катастрофическому снижению рекреационного и биопродукционного потенциалов акватории, возникновению значительного экономического ущерба. Прибрежные районы быстрее реагируют на все изменения, происходящие в водной толще. Для оценки состояния акватории, прогнозирования развития зон дефицита кислорода и возникновения заморных явлений в прибрежных акваториях наиболее удобным инструментом являются численные оценки потоков кислорода и сероводорода на границе донных отложений с водой, которые позволяют рассчитать время полного исчерпания кислорода, и соответственно, времени развития аноксии, а также время обновления концентрации сульфидов в придонном слое вод. В настоящий момент подобные оценки отсутствуют. В качестве объектов исследования были выбраны прибрежные акватории крымского побережья, характеризующиеся различным гидрологическим режимом и условиями формирования донных отложений: район мыса Тарханкут и Севастопольская бухта.

Вертикальные профили концентраций сульфидов и кислорода в поровых водах донных отложений данных районов, полученные с помощью полярографического метода анализа со стеклянным Au/Hg-микроэлектродом, позволили рассчитать потоки кислорода и сероводорода на границе с донными отложениями. Анализ микробиологиче-

ских матов, отобранных в районе мыса Тарханкут, показал, что высокие концентрации сульфидов на поверхности отложений и в придонном слое вод обуславливают максимальную величину потока сульфидов $5 \text{ М/год}\cdot\text{м}^2$, и этот поток направлен из донных отложений в придонный слой воды. С учетом этой величины на поверхности мата было рассчитано время, за которое будет достигнута подобная концентрация сульфидов в придонном слое воды (1 м над поверхностью отложений) в отсутствии внешних воздействий (например, гидродинамических воздействий приводящих к поступлению кислорода или полному разрушению микробиологических матов), которая составила 7 дней. В Севастопольской бухте величина потока кислорода на границе донных отложений составила $0,03 - 0,5 \text{ М/год}\cdot\text{м}^2$, что позволило рассчитать время, за которое будет полностью израсходован кислород в окислительных процессах, что приведет к аноксии и переходу восстановленных форм соединений в придонный слой воды в районах, в которых был зафиксирован кислород на поверхности отложений, составило 3,5 месяца для центрального района бухты, расположенного напротив заградительного мола, и 19 дней в районе Павловского мыска.

Анализ потоков кислорода и сульфидов на границе донных отложений и в их толще в районе с ограниченным водообменом (Севастопольская бухта) показал, что основным фактором в формировании потоков является органическое вещество, высокое содержание которого является результатом эвтрофирования вод бухты. Общим для донных отложений Севастопольской бухты является малая глубина проникновения кислорода в донные отложения (не более 2 мм), основные процессы протекают либо с участием железа и марганца, либо с участием сульфидов и последующим образованием моносульфида железа. Гипоксия является постоянной характеристикой системы, изменяется лишь ее степень. В открытой прибрежной части (район мыса Тарханкут) на формирование потоков кислорода и сероводорода на границе донных отложений большее влияние оказывают гидродинамические факторы, которые в зимний и весенний периоды они способствуют полному разрушению матов и насыщению придонного слоя кислородом. В летний и осенний период развитию аноксии в придонном слое водной толщи в первую очередь способствуют биогеохимические процессы сульфатредукции.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке по проекту РФФИ № 14-05-90400 «Исследование современного состояния и прогноз развития прибрежных геосистем в Азово-Черноморском бассейне с учетом изменчивости природных факторов и антропогенного пресса».

ОСНОВНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДОННЫХ ОСАДКОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ ЧЁРНОГО МОРЯ

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

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
gurovki@gmail.com*

Прибрежные районы всегда были местом активной антропогенной деятельности. Это способствовало формированию в них особых экосистем, которые в настоящее время являются важными элементом общей экосистемы Черного моря. Донные отложения являются важным звеном в цепи экологического равновесия. Они принимают участие в изменении и образовании новых форм элементов, накоплении органического вещества и в процессах постоянного обмена веществом и энергией. Поэтому изучение донных отложений является важной составляющей мониторинга прибрежных районов Черного моря.

Выделяя важные факторы формирования донных отложений, стоит остановиться на глубине района исследований, удаленности его от берега и форме рельефа дна. К основным факторам осадкообразования можно отнести гидродинамические особенности акватории и деятельность живых организмов [1].

Одними из основных характеристик донных отложений является содержание в них органического вещества, их гранулометрический состав и влажность. Важность этих характеристик определяется их влиянием на процессы поглощения, удержания и накопления загрязняющих веществ. Помимо изучения таких характеристик, как содержание $C_{орг}$ и $CaCO_3$, важным является анализ их пространственного распределения и тесная взаимосвязь с фракционным составом отложений.

Районами, исследуемыми в данной работе, являются Каламитский залив и Балаклавская бухта.

Каламитский залив – залив у западного берега Крымского п-ова, вдаётся в сушу на 13 км, с глубинами около 30 м.

Из литературных данных [2] известно, что основным источником питания отложений в этом регионе являются в большей степени абразионные процессы и в меньшей влияние крымских рек.

Из проанализированных данных за 2011 – 2012 гг. видно, что гравийная фракция преобладает в прибрежной зоне, а максимальные ее значения наблюдаются в южной части залива. Песчаная фракция распределена равномерно вдоль берега и уменьшается по мере увеличения глубины.

Содержание органического углерода не подвержено резким колебаниям, среднее процентное значение составило (0,36 %), по сравнению с максимальным (0,6 %) и минимальным (0,23 %).

Содержание CaCO_3 в пробах в среднем составило (48,11 %) с максимальным (96,96 %) и минимальным (19,62 %) значениями.

Балаклавская бухта – одна из бухт входящих в административную территорию города Севастополя. Отличительной особенностью бухты является её полузамкнутость. Особенности береговой линии позволяют разделить акваторию бухты на глубоководную, ориентированную на юг и мелководную северную часть. Слабая связь мелководной северной части бухты подвержена накоплению антропогенного загрязнения [3, 4].

В пробах, отобранных в 2005 г., содержание мелкодисперсного материала изменяется от 1,3 до 99,71 %, в среднем по всем пробам составляя 61 %.

Гравийная фракция распространяется с северо-запада на юго-восток в виде локальных максимумов в прибрежной части и на выходе из бухты. Повышенное содержание песчаной фракции (14 – 57 %) характерно для центральной части акватории.

Значения карбоната кальция в Балаклавской бухте изменяются от 18,32 до 82,95 %.

Содержание органического углерода варьирует от 0,66 до 4,74 %, а среднее значение составило 2,37 %.

Для изучения влияния геохимических свойств донных осадков в исследуемых акваториях на экологические характеристики прибрежных районов Черного моря нами была выбрана такая величина как γ (rain ratio parameter) [5].

Данный параметр ранее применялся для изучения донных отложений Севастопольской бухты [6]: $\gamma = \text{CaCO}_3 / (\text{CaCO}_3 + \text{C}_{\text{орг}})$.

В [6] было указано, что значения γ изменяются от 0 до 1. Когда значение γ равно 0, образуется только $\text{C}_{\text{орг}}$, в случае, когда величина $\gamma = 1$ – образуется только CaCO_3 .

Для донных отложений Каламитского залива значение γ изменялось от 0,97 до 1, а для Балаклавской бухты от 0,80 до 0,98. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что в отложениях исследуемых районов образуется и накапливается только неорганический углерод, делая эти акватории источниками CO_2 [6].

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке по проекту РФФИ № 14-05-90400 «Исследование современного состояния и прогноз развития прибрежных геосистем в Азово-Черноморском бассейне

с учетом изменчивости природных факторов и антропогенного пресса».

1. *Лисицын А.П.* Процессы океанской седиментации.– М.: Наука, 1978. – 392 с.
2. *Шнюков Е.Ф., Иванников А.В., Иноземцев Ю.Я. и др.* Литолого-стратиграфическая характеристика донных отложений крымского шельфа и глубоководной части Черного моря // Геол. журнал.– 2003.– № 1.– С.9-23.
3. *Гриневецкий С.Р., Зонн И.С., Жильцов С.С.* Черноморская энциклопедия.– М.: Международные отношения, 2006.– С.62-63.
4. *Балаклава, мыс Айя, мыс Фиолент.*– Севастополь: Библекс, 2007.– С.4.
5. *Zeebe R.E., Wolf-Gladrow D.* CO₂ in seawater: equilibrium, kinetics, isotopes // Elsev. Oceanogr. Ser.– 2001.– 65.– 346 p.
6. *Моисеенко О.Г., Орехова Н.А.* Исследование механизма многолетней эволюции цикла углерода в экосистеме Севастопольской бухты // Морской гидрофизический журнал.– 2011.– № 2.– С.72-83.

ВЕРИФИКАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО МЕТОДА РАСЧЕТА СКОРОСТЕЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕЧЕНИЙ ПО ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

А.И.Алексанин, М.Г.Алексанина, А.А.Загуменнов, Б.В.Шувалов

*ФГБУН Институт автоматики и процессов управления
ДВО РАН, г.Владивосток
aleks@iacp.dvo.ru*

Расчет скоростей поверхностных течений на основе данных ДЗЗ является актуальным для многих практических и научно-исследовательских приложений. Наибольшим потенциалом для ежедневного расчета циркуляции морей в настоящее время обладают спутниковые изображения в ИК и видимом спектральных диапазонах. Прослеживание перемещений яркостных неоднородностей по последовательности спутниковых изображений позволяет строить поля скоростей поверхностных течений на регулярной основе. Считается, что визуальное прослеживание неоднородностей (метод морских маркеров) дает наилучшую точность расчета скоростей. К сожалению, метод трудоемок и субъективен. Его широко известный автоматический аналог – метод максимума кросс-корреляций – не получил широкого применения из-за двух проблем: наличие значительного количества «выбросов» (не соответствующих реальному потоку векторов случайного характера) и занижение величин скоростей течений.

Созданный авторами метод расчета скоростей базируется на новом критерии оценки их точности, получившем названия критерия

априорной точности. Он позволяет резко снизить количество «выбросов» и уменьшить количество отбракованных корректных векторов. Также было показано, что автоматические методы расчета при сравнении с визуальным прослеживанием реже строят вектора в областях с большими скоростями потоков. Последнее может быть объяснением «занижения» величин скоростей, строящихся по спутниковым изображениям, так как процедура интерполяции скоростей на сетку, широко применяющаяся при сравнении, будет искусственно занижать спутниковые оценки. Для корректного сравнения необходимо проводить поточечное сравнение спутниковых и *in situ* векторов. Последнее требует знаний пространственно временной изменчивости потоков, так как полного совпадения измерений в пространстве и времени обычно не бывает.

Для поточечного сравнения были взяты данные полигона KESS в районе течения Курошио, на котором непрерывно измерялись скорости течения приборами ADCP и высоты уровенной поверхности эхолотами. Это позволяет проводить анализ временной изменчивости ADCP-скоростей на станциях и пространственной изменчивости спутниковых оценок скоростей. Предварительные оценки показывают хорошее соответствие спутниковых и *in situ* измерений потоков (расхождение 0,2 – 0,4 м/с), а также соответствие перепадов уровенной поверхности, рассчитанных по спутниковым векторам скорости и альтиметрическим измерениям (расхождение в пределах 0,02 – 0,08 м).

Работа поддержана Целевой комплексной программой Дальневосточного отделения РАН на 2012 – 2016 гг. «Спутниковый мониторинг Дальнего Востока для проведения фундаментальных научных исследований Дальневосточного отделения РАН», грантами ДВО РАН и программами фундаментальных исследований Президиума РАН.

РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИИ АТМОСФЕРНЫХ ГАЗОВ ПО СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ПРИМЕРЕ РАСЧЕТА УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

М.Г.Алексанина, П.В.Бабяк, С.Е.Дьяков, Е.В.Фомин

*ФГБУН Институт автоматики и процессов управления
ДВО РАН, г.Владивосток
margeo34@gmail.com*

Основной целью работы является отработка технологии получения полей данных в виде изображений для анализа газового состава атмосферы на основе существующих и планируемых к запуску

спутниковых гиперспектрорадиометров. Наличие таких технологий необходимо для оценки концентраций таких атмосферных газов, как CO, CO₂, SO₂. В данной работе рассматривается технология Спутникового центра ДВО РАН (Центр коллективного пользования «Региональный спутниковый мониторинг окружающей среды ДВО РАН») для получения цифровых полей концентрации в атмосфере такого химического соединения, как углекислый газ (CO₂).

Основу описываемой технологии составляет программный комплекс CSPP (Community Software Processing Package) – новый программный пакет для решения прямой задачи. Его программное обеспечение работает с данными, принимаемыми в Спутниковом центре ДВО РАН со следующих приборов:

Atmospheric Infrared Sounder (AIRS), установлен на борту спутника *Aqua*;

Infrared Atmospheric Sounding Interferometer (IASI), установлен на борту спутника *Metop-A*;

Cross-track Infrared Sounder (CrIS), установлен на борту спутника *NPP*.

Для решения поставленной задачи самым оптимальным прибором является радиометр AIRS (чувствительность к замеру CO₂, высокая точность, стабильность работы). Радиометр AIRS проводит замеры CO₂ как в дневное, так и в ночное время. Высокое разрешение и стабильность работы прибора позволяют получать данные с точностью до 1,5 – 2 ppm (пропромилле). Алгоритм работы программного пакета CSPP основан на концепции «Двойной регрессии» (Dual Regression method).

Пакет CSPP работает с данными Level 1B, однако в Спутниковом центре ДВО РАН идет прием данных со спутника *Aqua* в формате Level 0. Поэтому сначала используется уже внедренный в распределенную систему приема и обработки данных пакет IMAPP (International MODIS/AIRS Processing Package). Данный пакет осуществляет распаковку, географическую привязку и калибровку потока цифровой информации с прибора AIRS. Последовательный запуск пакетов IMAPP и CSPP с передачей соответствующих данных осуществляется через подсистему запуска распределенной системы обработки данных Спутникового центра ДВО РАН под операционной системой Linux.

Подсистема запуска предназначена для выполнения сценариев обработки (последовательности процедур, связанных командами управления) на удаленных обрабатывающих компьютерах. Сервер управления обработкой состоит из трех основных компонентов: обработчика сообщений, пула задач и диспетчера. Его основная задача заключается в получении сценариев от инициатора и запуске их на соответствующих удаленных компьютерах. Для взаимодействия с сервером используются 2 типа сообщений: командные (сигнал о необходимости запуска сценария, сигнал аварийной остановки процедуры) и информационные (сигнал о состоянии процесса или его завершении).

Система обработки данных, получаемых на выходе пакета CSPP, состоит из модуля CSPP_Retrieval_Processing.pl. Этот скрипт запускает работу модуля ParseAIRSdata.cpp для каждого файла (*.h5) из рабочей директории и формирует промежуточные файлы данных (которые вместе с файлами проекций, создаваемыми скриптом **make_pattern.sh**, используются для создания файлов внутреннего использования в лаборатории Спутникового мониторинга ДВО РАН). Эти данные подаются на вход программы формирования изображений в требуемых проекциях.

Работа программного комплекса **CSPP** была протестирована на данных спутника *Aqua* (радиометр **AIRS**), принятых в апреле 2013 г. в Спутниковом центре ДВО РАН. Данные прошли все этапы обработки. В результате были получены цифровые поля изображений, содержащие сведения о концентрации углекислого газа в атмосфере над территориями Дальнего Востока. Из-за наличия облачности для большого числа пикселей на изображениях отсутствуют значения по содержанию CO₂. Тем не менее, полученных результатов было достаточно для определения зон повышенной концентрации CO₂ в регионе. Пространственное разрешение полученных значений примерно 50 км. Отклонения полученных спутниковых значений концентрации CO₂ в точках, где имелись данные судовых измерений (*in situ*) содержания CO₂, составили не более 10 %.

Работа поддержана Целевой комплексной программой Дальневосточного отделения РАН на 2012 – 2016 гг. «Спутниковый мониторинг Дальнего Востока для проведения фундаментальных научных исследований Дальневосточного отделения РАН», гранитами ДВО РАН и программами фундаментальных исследований Президиума РАН.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВНУТРЕННИХ ВОЛН И ТЕЧЕНИЙ С ПЛАТФОРМЫ МГИ ЛЕТОМ 2014 Г.

В.А.Иванов¹, А.С.Кузнецов², А.Н.Серебряный³,
О.Ю.Лаврова⁴, Е.Е.Химченко¹

¹*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь*

²*Экспериментальное отделение*

Морского гидрофизического института, пгт.Кацивели

³*Акустический институт им. акад. Н.Н.Андреева, г.Москва*

⁴*Институт космических исследований РАН, г.Москва*

В летнее время на протяжении последних лет нами проводятся регулярные экспедиционные исследования с платформы МГИ с целью изучения особенностей динамики вод прибрежной зоны с использование доплеровского акустического профилометра течений (ADCP). Помимо ADCP “Rio Grande 600 kHz”, который работает в непрерывном режиме, будучи установленном на платформе, измеряя направление и силу течения от поверхности до дна, а также интенсивность обратного рассеяния звука по глубине, мы ведем измерения среды контактными методами. Ведутся длительные измерения течения на отдельных горизонтах измерителями течений вертушечного типа. Проводятся зондирования минизондом SVP (измерение распределения температуры и скорости звука) от поверхности по всей толще водного столба с ежечасной повторяемостью зондирований. Также ведется регистрация короткопериодной изменчивости температуры моря с помощью вертикальной гирлянды термисторов DST centi фирмы “Start-Oddi” (дискретность измерений 30 с). Измерения 2014 г. проходили в период с 12 по 25 июля при хорошо выраженном слое температурного скачка. Помимо измерений, проведенных непосредственно с платформы, 25 июля были осуществлена съемка по пространственным сечениям в окрестностях платформы с помощью буксируемого ADCP. За период наблюдения преобладало западное вдольбереговое течение средней силы. Данные течений и зондирований выявили присутствие в прибрежной зоне квазиинерционных внутренних волн с периодом около 17 ч. По данным термсторной цепочки проанализированы короткопериодные колебания термоклина. Для анализа характеристик внутренних волн района привлечены данные дистанционного спутникового зондирования, по которым сделаны оценки основных параметров внутренних волн. В докладе также представлены результаты анализа вертикального хода звукорассеивающих слоев и его связи с внутренними волнами, а также результаты

анализа связи течений и инерционных колебаний с фоновыми метеорологическими условиями.

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЧЕРНОГО МОРЯ
С ВЕРОЯТНОСТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ
ВИХРЕВОЙ ДИНАМИКИ ВОД**

С.И.Кропотов

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
oz1515oz@yandex.ua*

Прозрачность морской воды является важным экологическим параметром любого водоема и связана с протеканием ряда физических, химических и биологических процессов происходящих в море.

Изменчивость оптических полей поверхностных вод Черного моря исследуется уже много лет (см., например, [1]) и, вместе с тем, остается все еще недостаточно изученной. В последние десятилетия, существенную роль в познании процессов происходящих в морях и океанах стали играть дистанционные методы с использованием космических аппаратов [2]. Они поставляют огромный объем новой информации, однако, предоставляемые ими данные требуют всестороннего комплексного анализа.

Одним из важнейших факторов, оказывающих влияние на пространственно-временную динамику оптических характеристик морской воды являются течения с присущими им вихревыми образованиями различных масштабов. В связи с этим, ниже представлены некоторые результаты исследования взаимосвязи между характеристиками синоптических вихрей Черного моря и оптико-гидрологическими свойствами вод.

В табл.1 содержатся результаты расчетов коэффициентов парной корреляции для вероятности наблюдения в течение года основных квазистационарных антициклонов (КАЦ) Черного моря ($P_{КАЦ}$), полученных на основании альтиметрических измерений спутников ЕРС и «Топекс»/«Посейдон» в 1992 – 1998 гг. [3].

Данные (табл.1) позволяют выявить районы акватории Черного моря с существенной взаимосвязью антициклонической активности, выяснение природы которой требует проведения дополнительных исследований.

В табл.2 приведены результаты расчета взаимосвязи сезонного хода вероятности ($P_{КАЦ}$) [3], условной плотности на горизонте 20 м (σ_{T20})

Таблица 1. Коэффициенты взаимной парной корреляции для вероятности наблюдения основных квазистационарных антициклонов Черного моря в течение года: (1 – анициклоническая завихренность на СЗШ; 2 – антициклоническая завихренность на СЗШ в виде узкой полосы вдоль западного побережья шельфа; 3 – антициклон у мыса Калиакра; 4 – Босфорский антициклон; 5 – Батумский антициклон; 6 – Сухумский антициклон; 7 – Сочинский антициклон; 8 – Анапский антициклон; 9 – Ялтинский антициклон; 10 – Севастопольский антициклон).

КАЦ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	<u>0,703</u>	0,092	– 0,485	– 0,202	0,000	0,664	0,373	<u>– 0,836</u>	0,253
2		1	0,133	– 0,218	– 0,134	0,246	0,587	0,499	– 0,596	– 0,289
3			1	0,340	– 0,385	0,276	– 0,063	0,449	– 0,095	0,335
4				1	– 0,632	0,116	<u>– 0,751</u>	0,086	0,501	0,604
5					1	0,016	0,343	– 0,383	0,258	– 0,627
6						1	0,162	<u>0,773</u>	– 0,174	0,492
7							1	0,036	– 0,567	0,314
8								1	– 0,577	– 0,247
9									1	0,177
10										1

Примечание: Коэффициенты корреляции с уровнем значимости порядка 0,05 и более выделены жирным шрифтом, с уровнем 0,01 и более – подчеркнуты.

Таблица 2. Коэффициенты корреляции сезонного хода вероятности ($P_{КАЦ}$), условной плотности на горизонте 20 м ($\sigma_{Т20}$) и относительной прозрачности ($Z_6^{\sim}$) вод Черного моря.

КАЦ	$(P_{КАЦ}) - (\sigma_{Т20})$	$(P_{КАЦ}) - (Z_6^{\sim})$	$(\sigma_{Т20}) - (Z_6^{\sim})$
1	<u>0,757</u>	<u>0,623</u>	<u>0,825</u>
3	0,481	0,156	– 0,364
4	– 0,354	– 0,219	<u>– 0,751</u>
5	– 0,374	0,116	– 0,377
6	0,058	– 0,484	<u>– 0,582</u>
7	<u>0,542</u>	<u>– 0,597</u>	<u>– 0,582</u>
8	0,488	<u>– 0,648</u>	<u>0,775</u>
9	<u>– 0,854</u>	<u>– 0,896</u>	<u>0,957</u>
10	0,255	0,280	0,348

Примечание: обозначения аналогичны табл.2.

и относительной прозрачности ($Z_6^{\sim}$) [4] в течение года для районов существования КАЦ.

Обнаруженные закономерности указывают на высокую степень стационарности и устойчивости основных элементов пространственно-временной структуры циркуляции вод Черного моря – как в отдельных его регионах, так и в море в целом, а также отражают ряд новых особенностей взаимосвязи вероятностных характеристик вихревой динамики течений, гидрологических и оптическими свойств черноморских вод.

Приведенная в табл.1, 2 информация делает возможным сформулировать новые цели и задачи дальнейших исследований как в области методик сбора и обработки данных наблюдений, так и собственно гидрофизических исследований черноморского региона и математического моделирования.

1. Маньковский В.И., Соловьев М.В., Владимиров В.Л. Изменчивость гидрооптических характеристик в Черном море (1922 – 1992 гг.) // Океанология.– 1996.– т.36, № 3.– С.370-376.
2. Коротаев Г.К., Еремеев В.Н. Введение в оперативную океанографию Черного моря.– Севастополь, 2006.–382 с.
3. Коротаев Г.К., Огуз Т., Никифоров А.А. и др. Динамика антициклонов в Черном море по данным спутниковых альтиметрических измерений // Исслед. Земли из космоса.– 2002.– № 6.– С.60-69.
4. Кропотов С.И. Пространственно-временная изменчивость относительной прозрачности вод Черного моря // Мор. гидрофиз. журн.– 1996.– № 4.– С.36-44.

СЕКЦИЯ 2

Состояние и перспективы наращивания рекреационного, пресноводного и биологического ресурсных потенциалов Юга России, включая мелководные заливы, лиманы и бухты

БЕРЕГОВАЯ ЗОНА МОРЯ КАК РЕСУРС ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ РОССИИ

Р.Д.Косьян¹, Ю.Н.Горячкин², В.В.Крыленко¹, М.В.Крыленко¹,
Л.В.Харитонов², Е.А.Годин²

¹*Южное отделение Института океанологии РАН, г.Геленджик
rkosyan@hotmail.com*

²*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
yngor@yandex.ru*

Воссоединение Крыма, важной рекреационной зоны, совмещающей уникальный климат и природу, с Российской Федерацией ставит множество вопросов, от решения которых зависит будущее этого региона. Одним из них является природопользование на берегах.

Протяженность черноморского побережья Крыма составляет ~750 км, черноморского побережья Краснодарского края ~400 км. На побережье постоянно проживает около 2 млн. человек. Регион традиционно является главной морской рекреационной зоной России. Суммарное число отдыхающих оценивается не менее, чем в 15 млн. человек в год. Здесь находятся крупные порты, транспортные коммуникации федерального и международного значения, ведется крупное промышленное и гражданское строительство.

Характер антропогенного освоения данного побережья, как в прошлом, так и в настоящее время, в значительной степени определяется физико-географическими факторами. Главным из этих факторов является горный характер побережья на значительном его протяжении, что определяет плохую транспортную доступность региона, и сложность освоения берегов. Практически на всем протяжении берегов активно протекает абразия, особенно заметно её воздействие на берегах, до недавнего времени являвшихся аккумулятивными. Смена процесса аккумуляции размытом связана как с природными, так и антропогенными факторами. Наиболее сильным таким фактором является волновое воздействие. В период 50 – 60-х гг. XX в. на северо-восточной части Черного моря наблюдалась высокая

интенсивность ветра и волнения, которая сменилась в 70 – 80-е гг. значительным уменьшением. В 90-е гг. она опять стала возрастать; заметно увеличилась повторяемость штормового волнения от наиболее волноопасных юго-западного и западного направлений. Одновременно отмечался рост уровня моря, за последние 60 лет он вырос на величину около 15 см и продолжает повышаться.

Одной из важнейших причин негативных изменений в береговой зоне в последние десятилетия стала антропогенная деятельность. С середины XX в. из-за строительства водохранилищ и в результате выборки руслового материала в бассейнах рек резко сократился твердый сток. Эксплуатация карьеров строительных материалов непосредственно на берегах и в прибрежной зоне в 60-х гг. создало критическую ситуацию. Существенный урон пляжам нанесло непродуманное гидротехническое строительство и дноуглубительные работы. Строительство оградительных сооружений портов и гребенок бун прервали вдольбереговой поток наносов на десятках километров. Повсеместно произошло уменьшение численности донных растительных сообществ, закрепляющих грунт. Снизилась продуктивность популяций моллюсков, раковины которых служат основным пляжеобразующим материалом для протяженных участков берегов. Эти факты можно связать с техногенным загрязнением акватории и донных осадков и появлением в Черном море биологических вселенцев (гребневика мнемииопсиса и моллюска рапаны). Несмотря на многочисленные запреты, продолжается отбор с пляжей песка и гальки, строительство на пляжах и прибрежных дюнах и береговых обрывах различных сооружений, нарушающих литодинамические связи.

Геоморфологической особенностью Черноморского побережья Кавказа и Крыма является преобладание эрозионных процессов на берегу (абразия, обвалы, оползни и т.д.) над аккумулятивными. Крупные песчаные пляжи есть в пределах пересыпей, в остальной части берегов пляжи небольшие, преимущественно галечные, приуроченные к вогнутостям берега и устьям рек. На многих участках побережья берег моря представлен высоким клифом с активно протекающими оползневыми и обвальными процессами, и непригоден для рекреационного использования. В результате совместного негативного действия природных и антропогенных факторов, количество пляжей сокращается. В регионе представлены практически все виды рекреационных ресурсов (климатические, гидроминеральные, геоморфологические, флористические, социально-культурные и т.д.).

Несмотря на разнообразие элементов природного рекреационного потенциала, важнейшей его составляющей, как и для любого приморского региона является собственно морской берег, особенно пляжи. Нехватка пляжей, особенно в наиболее востребованных рекреационных районах существенно ограничивает возможности увеличения емкости курортов.

Развитие курортного сектора требует создания новых пляжей искусственным путем, зачастую на участках открытого побережья. Стабильность создаваемого на открытой части Черноморского побережья искусственного пляжа можно обеспечить только с использованием гидротехнических конструкций. По возможности, эти сооружения проектируются с учетом существующих выступов берега. Сочетание искусственных пляжей с различными типами современных волногасящих и наносоудерживающих сооружений позволяет защищать берег с любыми литодинамическими условиями, не снижая его экономико-географического потенциала. Важнейшим требованием при этом является учет литодинамических связей в пределах литодинамических систем. Необходимо создание кадастра берегов, где будут указаны основные, научно обоснованные требования к любому строительству на морском берегу, в том числе к техническим параметрам искусственных пляжей.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант 14-05-90400.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДООБМЕНА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ГОРНОГО КРЫМА С АКВАТОРИЕЙ ЧЕРНОГО МОРЯ И ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ КАРСТОВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

В.М.Шестопалов¹, В.А.Иванов², А.С.Богуславский¹,
С.И.Казаков³, А.С.Кузнецов³

¹*Институт геологических наук НАН Украины, г.Киев*

²*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь*

³*Экспериментальное отделение*

Морского гидрофизического института, пгт.Кацивели

Представлены результаты работ, выполненных в НИЦ РПИ и МГИ в 2009 – 2014 гг. [1 – 4] по теме: «Полигонные исследования закономерностей водообмена карстовой гидрогеологической системы Горного Крыма с акваторией Черного моря» в рамках научного проекта «Интегрированная система гидрофизического мониторинга

и абиотические ресурсы» целевой комплексной программы научных исследований НАН Украины: «Комплексный мониторинг, оценка и прогнозирование динамики состояния морской среды и ресурсной базы Азово-Черноморского бассейна в условиях возрастающей антропогенной нагрузки и климатических изменений».

Цель работы: изучение условий формирования и путей движения карстовых подземных вод Горного Крыма с плато яйл через береговую зону с помощью гидрогеологического моделирования и предварительная оценка их уязвимости.

Основные результаты работы:

- Выполнено уточнение разработанной ранее трехмерной гидрогеологической модели юго-западной части Горного Крыма [1, 2] в соответствии с данными исследований пилотного Кацевельского участка [3], моделирования возможных транзитных путей быстрой фильтрации подземных вод через береговую зону и субмариной разгрузки [4].

- В соответствии с новой модельной методикой, разрабатываемой в НИЦ РПИ НАНУ [5], выполнена оценка и построена модельная схематическая карта уязвимости подземных вод исследуемой территории при возможном поступлении условного консервативного загрязнителя с инфильтрационным питанием в зоне формирования карстовых (Ай-Петринский массив).

Полученные зоны уязвимости подземных вод соответствуют градам прогнозной относительной концентрации загрязнителя.

Рассмотренный трехмерный модельный подход ближе подводит к оценке полной защищенности подземных вод по сравнению с разработанными ранее индексно-рейтинговыми методами [6], поскольку параметрическая база модели (инфильтрация, коэффициенты фильтрации) учитывает как вертикальные, так и латеральные динамические направления преференциальной фильтрации-миграции (зоны карста, линейные тектонические разломы).

1. *Отчет* о НИР «Разработка схем рационального водопользования береговой зоны Горного Крыма» (Договор №34/09-2).– Киев: НИЦ РПИ НАНУ, 2009. 60 с.
2. *Отчет* о НИР «Разработка системы мониторинга состояния морских берегов Крыма, соответствующей потребностям государства для обеспечения рационального природопользования прибрежными морскими акваториями Украины» (Договор №406/8-2).– Киев: НИЦ РПИ НАНУ, 2010.– 80 с.

3. *Отчет* о НИР «Изучение геолого-гидрогеологических особенностей пилотного участка пгт. Качивели (ЭО МГИ) и создание гидрогеологической модели участка с целью разработки системы мониторинга состояния береговой зоны Горного Крыма» (Договор №406/8-2).– Киев: НИЦ РПИ НАНУ, 2011.– 80 с.
4. *Отчет* о НИР «Полигонные исследования закономерностей водообмена карстовой гидрогеологической системы Горного Крыма с акваторией Черного моря» (Договор №406/8-2).– Киев: НИЦ РПИ НАНУ, 2012.– 33 с.
5. *Шестопалов В.М., Богуславский А.С., Бублясь В.Н.* Оценка защищенности и уязвимости подземных вод с учетом зон быстрой миграции.– Киев: НИЦ РПИ, ИГН НАНУ, 2007.– 120 с.
6. *Vrba J., Zaporozec, A. (Eds.)* Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability.– International Contributions to Hydrogeology. v.16. International Association of Hydrogeology.– Heise, Hanover, 1994.– 131 p.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КРЫМА (РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ВЗГЛЯД)

Ю.Н.Горячкин

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
yingor@yandex.ru

Берегоукрепительные сооружения (БУС) на Южном берегу Крыма (ЮБК) начали возводиться ещё с конца XIX в. Они представляли собой примитивные волноотбойные стенки из подручных материалов. Активное освоение ЮБК в конце 50-х гг. XX в. сопровождалось рядом негативных последствий для береговой зоны (уменьшение поступление аллювия, вследствие перехвата твердого стока рек; эксплуатация подводных и надводных карьеров строительных материалов). Следствием это стало сокращение пляжей, разрушение ряда хозяйственных объектов. Активное строительство санаторно-курортных объектов с одной стороны требовало «облагороженного» берега, с другой стороны вызывало усиление оползневых процессов. Все эти обстоятельства обусловили необходимость строительства БУС.

В силу огромного притока финансов на нужды берегоукрепления, строительство осуществлялось очень высокими темпами. В 60-х – 90-х гг. XX в. на ЮБК было построено около 700 бун и было укреплено более 30 км берега. В основном, это были места городских и санаторных пляжей, побережья с повышенной оползневой опасно-

стью, угрожающей объектам, лежащим выше по склону. Для оценки альтернативной эффективности проводились внедрения опытных типов БУС (волноломы, траверсы, ступенчатые бермы и др.). По совокупности технической, экономической и экологической эффективности были определены наиболее предпочтительные элементы берегоукрепления для достижения поставленных задач (для ЮБК – отсыпной пляж шириной 18 м с бунами 25 – 30 м, гидротехнической стеной 1 уровня высотой около 2 м, набережной шириной 10 м и контрфорсом до 2 м высоты с подрезкой склона). Такая схема была реализована на значительном протяжении береговой линии. Вместе с тем, трудно назвать её идеальной. Строительство БУС на ЮБК привело к определенному экологическому ущербу, вследствие уничтожения прибрежных морских сообществ и изменения условий среды их обитания. В результате этого, прибрежная акватория ЮБК потеряла ценные виды флоры и фауны. Немаловажно, что определенный ущерб был нанесен и эстетической стороне. Бетонный берег на протяжении многих километров не лучшее решение для восприятия уникальной природной среды ЮБК.

По генеральным схемам освоения территории для БУС были заложены важные эксплуатационные принципы. Выполнение их, по проектным схемам и расчётам напрямую влияли на эффективность функционирования БУС. Однако, с распадом СССР, после прекращения финансирования на их эксплуатацию состояние БУС стало постепенно ухудшаться. Последовательное снижение оптимальной ширины пляжа (из-за отсутствия ремонтной подсыпки), часто приводило к катастрофической ситуации - разрушению бун, гидротехнических стен 1-го уровня и набережных. Затраты на их восстановление были существенно выше, чем требовалось для ремонтной подпитки пляжей. В настоящее время до 70 % искусственных пляжей, важнейшего элемента берегозащиты, находятся в аварийном состоянии, так как их объемы значительно сократились. В некоторых межбунных отсеках искусственные пляжи исчезли полностью, что зачастую даже при небольших штормах приводит к разрушению конструкций. Всё это делает необходимым проведения срочных ремонтных работ и дальнейшего поддержания БУС на ЮБК в эксплуатационном режиме.

Такой вывод прямо вытекает из печального опыта эксплуатации БУС Западного Крыма. Если выбранную схему БУС на ЮБК с определенными оговорками можно признать удачной, то стратегия берегозащиты в Западном Крыму оказалось явно провальной.

При проектировании берегозащитных мероприятий не было учтено, что индивидуальная защита коротких отрезков размываемых берегов внутри большой зоны размываемого побережья малоэффективна, так как прилегающие незащищенные берега продолжают отступать, а частичные берегозащитные мероприятия могут даже ускорить размыв прилегающих берегов, что и произошло в действительности. Основным источником пляжевых наносов вдоль берегов Западного Крыма является абразия клифов и бенчей. Естественный твердый сток в настоящее время из-за зарегулированности рек практически отсутствует. Закрепление берега бетоном, ещё больше усугубило проблему дефицита наносов. Суммарная длина участков побережья Западного Крыма от Севастополя до Евпатории, на которых в настоящее время расположены различные типы берегозащитных сооружений, составляет около 12 % от всей длины береговой линии (75 км). Большая их часть была построена в 80-х гг. XX в. Пляжеудерживающие сооружения Западного Крыма представлены бунами (41 единица). В качестве берегозащитных сооружений использовались преимущественно вертикальные волноотбойные стены, откосно-ступенчатые набережные (ОСН), сооружения проницаемой конструкции и волногасящие прикрытия из камня. В настоящее время практически все ОСН разрушены полностью и представляют собой каменный хаос, где купание запрещено, частично конструкции стали разбирать. Основной причиной разрушения стало отсутствие ремонтной подпитки пляжей. Почти все разрушенные берегозащитные сооружения находятся между мысом Керменчик и пос. Николаевка. Последний является наглядным примером, как не надо защищать берег. Строительство бун здесь привело к вполне ожидаемому низовому размыву. Стремление защитить только «свой» участок привело к полному хаосу. Нужно отметить, что негативный опыт строительства БУС, к сожалению, ничему не учит. Так в настоящее время ведётся строительство бун у пос. Береговое, что неизбежно приведет к исчезновению пляжей к северу от него. В заключение отметим, что при стоимости берегозащитных сооружений в Крыму во времена СССР около 10 – 15 тыс. рублей за 1 погонный метр, общие затраты на берегозащитные сооружения в Западном Крыму можно оценить величиной 100 млн. советских рублей, что в масштабах цен 2014 г. составляет примерно 20 млрд. рублей и примерно соответствует половине годового бюджета Крыма.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант 14-05-90400.

РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА

И.В.Агаркова-Лях

*Севастопольский экономико-гуманитарный институт
Таврического национального университета им.В.И.Вернадского
iva_crimea@mail.ru*

Рекреационный потенциал территории складывается из туристских ресурсов вместе с объектами материально-технической базы и социально-экономическими условиями. Западное побережье Крыма, включающее территории Евпатории, Сак и Сакского района, обладает значительным рекреационным потенциалом, обусловленным наличием разнообразных турресурсов (таблица 1).

Основу туризма Западного побережья составляет купально-пляжная рекреация. На регион приходится более 100 км песчаных, гравийно-песчаных и гравийных пляжей шириной до 50 – 100 м. Пляжные ресурсы побережья между Саками и Евпаторией, селами Заозерным и Штормовым перспективны для развития автомобильного и самостоятельного туризма. Создание автокемпингов и палаточных городков с современной инфраструктурой повысит турпривлекательность региона.

Наилучшие водно-климатические условия наблюдаются в летний период. В частности, в Евпатории количество дней с комфортными условиями для массовых купаний составляет 126 дней, для купания детей – 82 дня (Подгородецкий, 1988). Перспективы использования водных ресурсов связаны с развитием индустрии морских развлечений и таких видов водного и воздушного спорта, как яхтинг, винд- и кайтсерфинг, дельтапланеризм. Невысокую аттрактивность для дайверов морского дна вдоль Западного Крыма компенсируют погружения к затопленным техногенным объектам. Организация морских прогулок и круизов к Южному берегу Крыма, черноморским берегам Кавказа и Турции создаст возможности круглогодичного использования водных ресурсов и восстановит работу морского порта Евпатории.

Бальнеологические ресурсы Западного побережья представлены месторождениями Сакских слабощелочных хлоридно-натриевых («Крымская минеральная» вода), Евпаторийских субтермальных и морских вод (Яковенко, 2009). В Саках и Евпатории открыты бюветы минеральной воды. На базе минеральных источников возможно соз-

Таблица 1. Характеристика туристских ресурсов Западного побережья Крыма

Туристские ресурсы*	Интенсивность** использования	Период использования	Уровень** развития туринфраструктуры
1. Природные			
1.1. Климатические	+	сезонные	+
1.2. Водные	++		+
1.3. Бальнеологические	++	круглогодичные	++
1.4. Грязевые	++		++
1.5. Геоморфологические	+	сезонные	—
1.6. пляжные	++		++
1.7. Флористические и фаунистические	+		+
1.8. Пейзажно-ландшафтные	+	круглогодичные	+
1.9. Познавательно-природные	+		+
2. Антропогенные			
2.1. Истории и культуры	++	круглогодичные	++
2.2. Археологические	+		+
2.3. Архитектурные	+		+
2.4. Этнографические	++		++
2.5. Мемориалы	+		+
2.6. Садово-паркового искусства	+		+
2.7. Культовые	++		++
2.8. Техногенные	+		—
2.9. Музеи	++		++
3. Природно-антропогенные			
3.1. Пруды, лесопарки	+	круглогодичные	+

*по классификации Яковенко, 2009;

**интенсивность и уровень оценивались условно (низкая (+); средняя (++); высокая (+++)).

дание СПА- и Велнес-центров. Перспективны для освоения минеральные воды Донузлавской группы (Цехла и др, 2013).

Источниками грязевых ресурсов являются соленые озера побережья, из которых самыми известными являются Сакское и Мойнакское. Озеро Сакское эксплуатируется курортами Саки и Евпатория, Мойнакское – курортом Евпатория. Крупнейшие потребители ле-

чебных грязей: грязелечебницы «Мойнаки» и «Саки»; санатории «им. Н.Н. Бурденко», «Полтава», «Сакрополь», ЦВКС «им. Н.И. Пирогова». Объем использования грязевых ресурсов составляет 1,9 % их фактических запасов (Яковенко, 2009). Для заполнения курортов нужна поддержка государства и реклама на международном туристическом рынке.

Равнинный рельеф региона благоприятен для развития велосипедного туризма. Осуществление этого проекта требует разработки веломаршрутов и велотуров вдоль побережья, создания разметки для велодорожек, установки дополнительных дорожных знаков, оборудования объектов инфраструктуры для велотуристов.

Ресурсы флоры и фауны мало используются в туризме. Восстановления и обновления ожидают Сакский курортный парк и дендропарк Евпатории. Любителям природы были бы интересны природоведческие экскурсии в крымскую степь, на соленые озера. Перспективно создание в регионе дендропарков, ботанических садов, зоопарков. Базы рыбной ловли и охоты на озерах Донузлав и Михайловском поспособствуют развитию соответствующих видов туризма.

Антропогенные туристские ресурсы сосредоточены, главным образом, в Евпатории. Здесь можно посетить краеведческий музей, дельфинарий, аптеку-музей, аквариум, парк «Крым в Миниатюре», музей Крымской войны. Интереснейший этнографический маршрут «Малый Иерусалим» объединяет культовые объекты различных конфессий: караимские кенасы, теккие дервишей, мечеть Джума-Джами, армянский храм, синагогу, храм Николая Чудотворца. В Саках и Сакском районе антропогенные турресурсы представлены краеведческим музеем, греко-скифским городищем «Кара-Тобе», музеем «Морские курьезы» в с. Штормовое, международным музыкальным фестивалем «Республика KaZантип» в с. Поповка. Городу Саки и району нужны дополнительные объекты аттракции. Например, перспективно строительство городского бассейна с морской водой; развитие археологического, научного и событийного туризма на базе городища «Кара-Тобе».

В последние десятилетия в регионе заметно развилась туристская инфраструктура за счет появления частных предприятий размещения и питания. Среди первых преобладают мини-гостиницы, гостевые дома и пансионаты среднего и эконом-класса; заведений высокого класса недостаточно. Цены на проживание не всегда отвечают уровню предоставляемых услуг. Это связано с отсутствием

категоризации средств размещения, что создает у туристов запутанное представление об уровне сервиса. Предприятия питания изобилуют ресторанами, кафе, пиццериями, чебуречными и столовыми разной ценовой категории. Для региона перспективны средства размещения и заведения питания в этностиле с кухней народов Крыма.

Турресурсы Западного побережья Крыма создают устойчивый рекреационный потенциал региона. Неравномерные интенсивность использования туристских ресурсов и их распределение по территории ставят такие ближайшие перспективы: развитие туристской инфраструктуры, снижение влияния сезонности и повышение интенсивности использования турресурсов.

ЭВТРОФИКАЦИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД ЧЕРНОГО МОРЯ

А.Н.Коршенко¹, С.П.Ковалишина²

¹*Государственный океанографический институт, г.Москва*

²*Украинский научный центр экологии моря, г.Одесса*

На основе данных мониторинга прибрежных вод в восточной части Черного моря в районе Адлер-Сочи и в Одесском регионе в 2000 – 2013 гг. проведено сравнительное исследование уровня эвтрофикации. Районы мониторинга являются практически противоположными по всем базовым физическим характеристикам и объему речного стока, который на северо-западном шельфе является доминирующим фактором формирования структуры водных масс, тогда как на узком шельфе у Большого Сочи является всего лишь локальным явлением. Для комплексной оценки уровня трофности и качества вод использовался индекс E-TRIX, рассчитанный по концентрации всех форм биогенных элементов и хлорофилла [1]. В прибрежной зоне между устьями рек Мзымта и Сочи наблюдения проводились СЦГМС ЧАМ четыре раза в год на 8 станциях (порт Сочи, устьевые участки рек и удаленные от берега на 2 морские мили). Мониторинг прибрежных вод Одесского района осуществлялся УкрНЦЭМ на двух станциях еженедельно (мыс Малый фонтан и район Аркадия), а также в 8 точках между СБО «Южная» и «Северная» два раза в год.

Район Большого Сочи характеризуется загрязнением прибрежных участков сточными водами Адлера, Хосты, Сочи, многочисленных поселков и санаториев. По данным статистической отчетности суммарно от 77 предприятий в 2009 г. в море поступило 54,94 млн. м³

загрязненных вод, органических веществ по БПК_{полное} 970 т, общего фосфора 116,03 т, общего азота 755,66 т, аммонийного азота 228,39 т, нитритов 59,16 т, нитратов 2229,51 т, нефтепродуктов 10 т, СПАВ 5,06 т, железа 0,01 т, магния 0,40 т, жира и масел 294,60 т. Большая часть загрязненного стока (52,86 млн. м³) приходится на очистные сооружения Сочинского водоканала. Непосредственно в море из разных городов и поселков Большого Сочи выходят 17 стальных труб, оголовки которых находятся в море на расстоянии от 200 м до 2,3 км от берега и располагаются на глубине от 6,2 до 33,5 м, в среднем 15,5 м [3].

По данным 775 проб из поверхностного слоя вод до глубины 25 м в прибрежных водах района Адлер-Сочи концентрация фосфора фосфатов в среднем составила 7,3 мкг/м³, максимум (369,9 мкг/дм³) отмечен в открытом море на траверзе устья Мзымты. Среднегодовая величина варьировала в диапазоне 0,99 – 14,4 мкг/дм³, при этом заметного временного линейного тренда обнаружить не удалось. Концентрация общего фосфора изменялась от аналитического нуля до экстремально высокой концентрации 704,2 мкг/дм³, зафиксированной 4 июня 2012 г. в порту Сочи; средняя равнялась 23,1 мкг/дм³. В отличие от минерального фосфора был отмечен положительный тренд содержания в водах района общего фосфора. Доля связанного в органических соединениях фосфора была в среднем в 2,5 раза выше концентрации фосфатов.

Содержание аммонийного азота изменялось от аналитического нуля до 488,3 мкг/дм³; максимум и второе значение (195,1 мкг/дм³) были зафиксированы в порту Сочи. Средняя за весь период наблюдений составила 19,0 мкг/дм³. Значения во всех локальных участках района относительно одинаковые. До 2008 г. наблюдалось снижение средних значений до 9,1 мкг/дм³, а затем почти трехкратный рост до 31,3 мкг/дм³ в 2013 г. Концентрация нитритного азота в большинстве проб была на уровне предела обнаружения. Средняя величина составила 0,68 мкг/дм³; максимум достигал 24,3 мкг/дм³ в устье Мзымты. Сколько-нибудь значимого многолетнего тренда, как и разницы между районами обнаружено не было. Начиная с 2006 г., повышенные средние значения нитратов наблюдались в порту Сочи и на эстуарных участках побережья, однако разница с открытыми водами в целом незначительная. Диапазон составил 0 – 457,0 мкг/дм³, максимум зафиксирован в устье Мзымты в конце мая 2002 г. Линейный тренд за весь период наблюдений отрицательный, однако без экстремаль-

ных значений 2002 г. он уже превращается в положительный.

Содержание общего азота превышало сумму его минеральных форм в несколько раз вследствие значительного преобладания органической составляющей. Концентрация в пробах изменялась от предела обнаружения до максимума 3940 мкг/дм^3 в устьевой зоне Мзымты; средняя 396 мкг/дм^3 . Значительно выпадет пик 2006 г., когда средняя величина достигла 1200 мкг/дм^3 , а до и после было только 389 и 479 мкг/дм^3 соответственно. По среднегодовым значениям выявлен очевидный понижающий тренд, который привел к стабилизации величин в районе 200 мкг/дм^3 в последние пять лет.

Одесский регион характеризуется большим скоплением прибрежных антропогенных источников загрязняющих веществ, связанных с деятельностью трех портов, промышленных предприятий, коммунально-бытовых и сельских хозяйств; также сильно влияет сток вод Днепра и Южного Буга. По данным 2008 г. с очистных сооружений Одессы и Ильичевска со сточными водами в море поступило фосфатного фосфора 786,3 т, аммонийного азота 802,2 т, нитратного азота 657,8 т и нитритного азота 52,6 т. С учетом стоков ливневой канализации, дренажных и промышленных стоков сброс составил: фосфатного фосфора 788,8 т; аммонийного азота 812,7 т; нитратного азота 1471,4 т и нитритного азота 56,0 т [2]. В морскую среду от антропогенных источников Одесского региона поступает биогенных элементов в 1,5 раза больше стока Южного Буга.

Концентрация общего азота за счет органических соединений показывает тенденцию к увеличению в среднем на $13,0 \text{ мкгN/год}$. В 2013 г. диапазон изменчивости общего азота находился в пределах $140 - 1615 \text{ мкг/дм}^3$, в среднем 620 мкг/дм^3 . Концентрация различных форм неорганического азота в целом снижалась. Содержание общего фосфора находилось в пределах $28 - 87 \text{ мкг/дм}^3$, в среднем 30 мкг/дм^3 , максимум отмечен в 2001 г. Среднегодовая концентрация фосфатов находилась в узком диапазоне $10 - 22 \text{ мкг/дм}^3$, в среднем 14 мкг/дм^3 , межгодовые изменения незначительные.

По комплексному показателю трофности морских вод E-TRIX в прибрежье Одесского района за последние 14 лет выявлена устойчивая тенденция на понижение уровня трофности от высокого к среднему, а качество вод изменилось от «среднего» к «хорошему» (рис.1). Среднее значение индекса за весь период наблюдений соста-

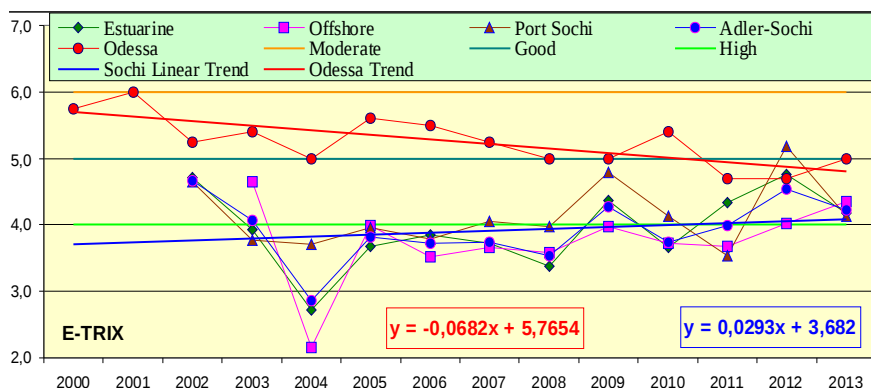


Рис.1. Многолетняя изменчивость уровня трофности прибрежных вод Одесского района и участка Кавказского побережья между Адлером и Сочи.

вило 5,25 единиц. На Кавказском побережье в районе между Адлером и Сочи в последнее десятилетие наблюдался противоположный процесс повышения уровня трофности вод, а средняя величина индекса составила 3,93. Итогом разнонаправленных процессов в обоих районах стали близкие показатели индекса последних трех лет. Суммируя это можно говорить о выравнивании уровня трофности прибрежных вод двух районов на противоположных концах моря, несмотря на значительную разницу в уровне поступления биогенных веществ с речным стоком и антропогенными сбросами.

1. Vollenveider R.A., Giovanardi F., Montanari G., Rinaldi A. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale turbidity and generalized water quality index // *Enviromentrics*.– 1998.– № 9.– P.329-357.
2. Иванов В.А., Тучковенко Ю.С., Сапко О.Ю. Оценка влияния береговых антропогенных источников на качество вод Одесского региона северо-западной части Черного моря.– Севастополь, 2010.– 154 с.
3. Дианский Н.А., Фомин В.В., Жохова Н.В., Коршенко А.Н. Расчет течений и распространения загрязнения в прибрежных водах Большого Сочи на основе численного моделирования // *Изв. РАН. Физика атмосфера и океана*.– 2013.– т. 49, № 6.– С.664-675.

СОВРЕМЕННЫЙ ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВОСТОЧНОГО СИВАША

П.Д.Ломакин, Е.Е.Совга, Е.С.Щурова, Е.И.Овсяный

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
science-mhi@mail.ru*

Восточный Сиваш – самый крупный по площади (1650 км², или свыше 60 % общей площади Сиваша) и более глубоководный (глубины до 1 м занимают 41 % площади) участок залива Сиваш, охватывающий территорию между Бюк-Найманской дамбой на западе и Арабатской стрелкой на востоке.

Первостепенные задачи изучения уникального Сивашского восстанавливаемого месторождения минеральных солей связаны с тем, что оно приходит в упадок по следующим причинам:

1) многолетнее использование большей части акватории месторождения в качестве водоема для сбросных вод с рисовых полей, которые содержат пестициды;

2) использование Западного Сиваша в качестве накопителя промстоков государственной акционерной компании «Титан»;

3) заболачивание особенно ценных для садки солей мелководных участков Центрального Сиваша;

4) отсутствие в течение более 40 лет постоянно действующей системы мониторинга экологического состояния Сиваша.

В плане решения задачи по созданию системы мониторинга акватории залива Сиваш в настоящем сообщении приведены предварительные результаты двух экспедиций МГИ в акваторию Восточного Сиваша весной 2013 – 2014 гг.

Задачи экспедиционных исследований – продолжение комплексных исследований залива Сиваш для оценки динамики солёности рапы в условиях изменившихся антропогенных и природно-климатических факторов с целью обоснования создания системы мониторинга и выработки практических предложений по использованию ресурсного потенциала Сиваша с учетом его статуса как водно-болотного угодья Международного значения. Оценка ресурсного потенциала залива Сиваша по литературным данным приведена в [1], а изучение гидрологического и гидрохимического режимов Восточного Сиваша ограничены исследованиями А.Понизовского, обобщенными в его монографии 1965 г. [2], а также работами МГИ в 1972 г., цитированными в [1].

В результате выполнения экспедиционных работ осуществлялась отработка методики экспрессной оценки солености рапы Сиваша с использованием биофизического зондирующего комплекса «Кондор», рефрактометра REF 203/213. Полученные данные контролировались на берегу пикнометрическим методом и химическим титрованием. Кроме того, определение содержания растворенного органического вещества, общей взвеси осуществлялось при использовании биофизического зондирующего комплекса «Кондор» и по результатам спектральных измерений показателя ослабления света на основе разработанного в отделе оптики моря МГИ спектрального измерителя коэффициента ослабления света *in situ* «ВАС9».

В июне 2013 г. (выполнены 20 станций) воды Сиваша отличались высокой температурой, которая изменялась в интервале 24,3 – 31,0 °С, что было обусловлено различной степенью прогрева участков с разной глубиной и мутностью вод, а также с внутрисуточным ходом инсоляции поверхности залива. Низкая температура наблюдалась вечером и в утренние часы, высокая – в послеполуденное время, 14.00 – 15.00. Размах суточных колебаний температуры воды в Сиваше – до 6 – 7 °С. Содержание общего взвешенного вещества (ОВВ) изменялось в интервале 1,0 – 7,8 мг/л; концентрация растворенного органического вещества (РОВ) от 2,3 до 4,1 мг/л.

Для южных, наиболее удаленных от этого пролива участков, типична максимальная соленость, до 40 ‰. Азовские воды, проникающие в Сиваш через пролив Тонкий, – один из значимых факторов, определяющих режим солености в этом заливе.

В июне 2014 г. исследования были ограничены третьим плесом Восточного Сиваша, где температура изменялась от 25,1 до 27,3 °С. Прибрежные воды этого плеса характеризовались высоким содержанием ОВВ 7,9 – 13,2 мг/л и небольшой концентрацией РОВ 1,0 – 1,2 мг/л, что, примерно, в два раза меньше содержания РОВ в морской воде. Анализировались также донные отложения Сиваша на содержание органического углерода и тяжелых металлов.

Следует отметить, что во время экспедиции в 2013 и 2014 гг. значения по измерению солености отличались в зависимости от применяемой методики, что ставит задачу дальнейшей отработки методики с учетом расчета погрешности каждого метода и получением коэффициента пересчета для экспрессных методов.

Заключения о динамике солености рапы Сиваша будут получены после завершения методических работ по сравнению данных измерения солености всеми применяемыми методами.

1. *Совга Е.Е., Щурова Е.С.* Ресурсный потенциал озера Сиваш и современное экологическое состояние его акватории // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013.– вып.27.– С.276-284.
2. *Понизовский А.* Соляные ресурсы Крыма.– Симферополь: Изд-во «Крым», 1965.– 163 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ КРЫМА – ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР ЕЕ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ, УПРАВЛЕНИЯ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

С.И.Рубцова

*Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского, г.Севастополь
rsi1976@mail.ru*

Прибрежная зона моря – это зона контакта суши с морем, включая природные комплексы – как берега, так и прилегающую морскую акваторию в границах, позволяющих обеспечить экологически сбалансированное развитие прибрежных территорий. Прибрежные зоны Крыма включают многообразные среды – побережья и пляжи, прибрежные воды, земли сельскохозяйственного назначения, городские и индустриальные территории. Эти зоны обладают многообразием ресурсов и возможностей для великого множества человеческой деятельности, которое приводит к чрезмерному использованию и деградации окружающей среды. Усиливающаяся деградация и чрезмерное использование приморских ресурсов проистекают из дефицита организационно-управленческих решений либо структуры управления. Поэтому прибрежную зону следует рассматривать как объект управления. Под управлением понимается процесс принятия решений и воплощения этих решений в жизнь с целью привлечения оптимальных ресурсов для достижения определенных целей (Джонс и Вестмакотт, 1993). Под устойчивым развитием понимается такой путь развития, который позволяет удовлетворять потребности ныне живущих поколений не в ущерб возможности будущих поколений.

Изучение экологической ситуации в прибрежной зоне Крыма, включая существующие методы управления, методы использования ресурсов, антропогенное давление на окружающую среду, является первым этапом в процессе выбора адекватных управленческих инструментов. Проблемы, характеризующие состояние прибрежной зоны Крыма, можно условно разделить на 5 групп:

1. Биоразнообразие и ландшафты (разрушение природных ландшафтов (склонов, пляжей) в результате интенсивной застройки побережья без учета природных особенностей; нерациональное использование природных ресурсов (несанкционированная добыча песка, браконьерство и т.д.); усиление антропогенного давления в результате нерегламентированного туризма; высокий уровень сельскохозяйственного освоения и т.д.

2. Опасные процессы (оползни, оврагообразование, берегоразрушение, усиление эрозии склонов, вырубка зеленых насаждений и т.д.

3. Загрязнение (неудовлетворительная работа канализационных систем и очистных сооружений, образование стихийных свалок, загрязнение малых рек, склонов и пляжей, воздуха в результате чрезмерного использования автотранспорта в прибрежной зоне.

4. Утрата объектов историко-культурного и археологического наследия (бесконтрольное разрушение объектов культурного наследия, несанкционированные раскопки и т.д.

5. Социально-экономические (ограничение доступа местного населения и отдыхающих к побережью за счет хаотичной застройки, потеря привлекательности района в результате разрушения природных ландшафтов, загрязнения и интенсивной застройки; возможные экономические потери и социальные проблемы вследствие нерационального использования ресурсов прибрежной зоны Крыма.

В связи с усилением антропогенного влияния на экосистему Черного и Азовского морей назрела необходимость поиска путей оптимизации использования природных ресурсов и возобновления воспроизводства экосистем Азово-Черноморского региона. Выявление зон экологического бедствия и зон чрезвычайных экологических ситуаций проводится с целью определения источников и факторов ухудшения экологической обстановки и разработки обоснованной программы неотложных мер по стабилизации и снижению степени экологического неблагополучия на обследуемой территории. Нами проведена классификация экологической обстановки по возрастанию степени экологического неблагополучия следующим образом, которая включает следующие зоны: 1) относительно удовлетворительная; 2) напряженная; 3) критическая; 4) кризисная (или зона чрезвычайной экологической ситуации); 5) катастрофическая (или зона экологического бедствия).

Выявление зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия для морских акваторий проводится по ос-

новным химическим и биологическим показателям на основе анализа и обобщения результатов многолетних наблюдений. Для анализа экологического состояния морской береговой зоны Черного и Азовского морей нами были предложены и применены на практике следующие группы критериев:

- оценка бактериологического состояния морской воды и донных отложений прибрежных зон с различной степенью антропогенной и рекреационной нагрузки;
- определение численности и биомассы экологических групп макрозообентоса – для оценки экологического качества среды и роли биоты в процессах самоочищения;
- оценка физико-химического состояния прибрежных наносов и донных осадков;
- изучение потоков нефтяных углеводородов, моделирование процессов самоочищения прибрежной зоны от органических загрязнителей.

Предложенные нами критерии для анализа экологического состояния морской береговой зоны Черного и Азовского морей направлены на оценку состояния отдельных компонентов прибрежных экосистем, предельные значения количественных характеристик которых отвечают удовлетворительному, напряженному, кризисному и катастрофическому экологическому состоянию морской береговой зоны. Эти экологические состояния отвечают соответственно следующим состояниям экосистем: оптимальное, преобладание давления в сторону стресса, стрессовое. Один из путей улучшения экологического состояния акваторий и стимулирования процессов естественного самоочищения основан на создании искусственных гидробиологических систем для очистки загрязненных морских вод и оздоровления прибрежных акваторий. Участие биоты в процессе самоочищения позволяет целенаправленно использовать морских организмов в биомониторинге и в борьбе с загрязнением, а также для разработки гидробиологических систем очистки загрязненных морских вод. Прибрежная зона Крыма сама по себе является ценным природным объектом, и постоянный рост антропогенных нагрузок на экосистемы прибрежных зон приводит к необратимым процессам истощения и ухудшения качества естественно ресурсного потенциала, к более частому и масштабному проявлению кризисных ситуаций в Черном море.

Прибрежная зона Крыма является местом сосредоточения различных экономических и социальных интересов, а также разных ви-

дов человеческой деятельности, таких как туризм и рекреация, рыболовство, судоходство, портовое хозяйство, охрана природы, берегозащита и др. именно в силу своей притягательности для человека прибрежная зона является весьма уязвимой. Поэтому важно налаживать взаимопонимание и сотрудничество между различными пользователями, имеющими свои интересы в прибрежной зоне.

ФАКТОРЫ УСПЕШНОГО РАЗВИТИЯ МОРСКОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ В ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

О.Ю.Вялова

*Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского, г.Севастополь
vyalova07@gmail.com*

Основной задачей марикультуры является создание управляемых морских хозяйств для выращивания промыслово-ценных объектов с целью увеличения их запасов и получения товарной продукции промышленным способом. Морские товарные хозяйства используют береговую, литоральную (приливную), сублиторальную (ниже приливной) зоны, поверхность и толщу воды, морское дно. Для целей искусственного воспроизводства и подращивания молоди на берегу или в приливной зоне строят специальные сооружения. Прикрепленные организмы культивируют в приливной зоне у морского дна или на подвесных устройствах различной конструкции.

Протяженность береговой линии Крымского п-ова, пригодной для развития марикультуры, учитывая потенциальные возможности озера Донузлав, составляет более 1200 км. Прибрежная полоса полуострова практически не имеет защищенных бухт и заливов, пригодных для организации морских ферм. Таким образом, черноморская марикультура в основном ориентирована на открытые участки моря, где целесообразно размещение штормоустойчивых садковых линий и рыбоводных конструкций. На основании проведенных комплексных исследований рекомендованы следующие бухты и заливы крымского побережья: р-ны мысов Опук и Чауда, Феодосийский залив, б. Коктебель, акватории побережья ЮБК (бухты Ласпи, Судакская, Голубой залив), в р-не м. Аю-Даг, от м. Фиолент до м.Лукулл, Караджинская, Ярылгачская, Бакальская бухты. Для размещения мидийных хозяйств целесообразно использовать следующие районы Крымского побережья: от м.Такиль до м.Опук, бухты Коктебель и Судакская, от м.Фиолент до м.Лукулл, Караджинская,

Ярылгачская, Бакальская бухты, бухта Казачья.

Организация морских ферм на крымском побережье Черного моря имеет ряд особенностей – сложный гидрологический и гидродинамический режимы, разнообразие рельефа и структуры дна шельфовой зоны. Одним из условий, определяющих успешное развитие марикультуры, является правильный выбор месторасположения морских хозяйств, которым часто пренебрегают начинающие фермеры. Кроме тщательного изучения температурного и соленостного режимов, динамики биогенов и фитопланктона, экологической ситуации и наличия потенциальных береговых загрязнителей, особое внимание следует обращать на динамику поверхностных и придонных течений, особенности дна и грунтов, интенсивности сезонных штормовых явлений и т.д.

Шторма Черного моря обычно не превышают 4 – 5 баллов. Наиболее опасны северо-восточные ветра, представляющие собой зимний континентальный муссон. Чаще всего наблюдаются в декабре и марте. Осенью и зимой на море прорываются циклоны, которые порождают жестокие и длительные штормы с запада, юга, иногда с юго-востока, весной – северо-западные шторма. Южные шторма наблюдаются реже других. Средняя продолжительность шторма 10 – 30 ч, в некоторых случаях до 100 ч и более. Общая продолжительность штормов на Черном море наблюдается 50 – 60 дней в году. Сильные шторма и их последствия заставляют специалистов искать различные технические приемы для сохранения конструкций фермы и урожая моллюсков и рыбы.

Основными факторами, определяющими успешную работу морской фермы в прибрежных районах Крыма, являются благоприятные природно-климатические условия, развитая береговая инфраструктура, квалифицированные научные и рабочие кадры, обеспеченность современным оборудованием и специализированными плавсредствами, наличие перерабатывающих предприятий и т.д. Многолетний опыт также показал необходимость **обязательного** научно-технического сопровождения отраслевыми научными институтами, постоянного экологического мониторинга, паразитологического и санитарно-ветеринарного контроля, внедрения новых технологий. Морские фермы должны стать полигоном для коммерциализации научных разработок специалистов различных отраслей морской науки. В новых социально-экономических и правовых условиях возникает ряд вопросов и проблем, требующих решения, как на

региональном, так и федеральном уровне. Необходимы изменения законодательных и нормативных документов и актов, принципиально новые подходы в финансово-экономической и инвестиционной деятельности в этой отрасли для ее дальнейшего успешного развития.

Для обеспечения устойчивого развития морской аквакультуры необходимо сделать следующие шаги:

- разработка экономически и научно обоснованной программы развития марихозяйственного комплекса Крымского федерального округа, с продвижением и реализацией бизнес-проектов по созданию фермерских хозяйств;

- создание благоприятных социально-экономических условий; заинтересованность и поддержка местными органами власти и самоуправления;

- соответствующее законодательство – Федеральный закон «Об аквакультуре и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», положения Земельного кодекса РФ, касающихся использования земель водного фонда;

- организация учебного центра для подготовки специалистов – морских фермеров;

- внедрение системы финансирования (кредитования, софинансирования) и страхования морских хозяйств;

- развитие торговой сети реализации свежих и переработанных морепродуктов и системы отлаженных логистических связей;

- санитарно-бактериологический и ветеринарный экспресс-контроль в зонах выращивания и реализации морепродуктов;

- научно-техническое обеспечение морской аквакультуры, коммерциализация научных разработок, доведение их до реализации в «пилотных» проектах.

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В УСТЬЕВЫХ РЕГИОНАХ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Р.Я.Миньковская

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
rosamariya@mail.ru*

Анализ динамики состояния водной среды морских устьев рек северного Причерноморья свидетельствует о том, что, несмотря на экономический спад и убыль населения, экологический кризис продолжает развиваться, проблемы природопользования накапливаются

и не решаются должным образом. Этому способствуют: технологическая отсталость промышленного и сельскохозяйственного производства, отсутствие финансирования природоохранных мероприятий, нескоординированность мониторинговых работ, осуществляющихся разными ведомствами и учреждениями, иногда дублирующими друг друга, рост количества и масштабов техногенных аварий из-за износа оборудования, неправильной эксплуатации, стихийных явлений, низкая эффективность очистных сооружений или их отсутствие, хаотическая застройка побережий, затопливаемых пойм, слабый уровень экологического образования населения, несовершенство законодательства и контроля его выполнения. Решить эти задачи возможно путём кооперации и координации мониторинговых работ, планирования и контроля природопользования на базе региональных центров природопользования и мониторинга (РЦПМ).

Тенденции и проблемы природопользования, обусловленные расположением устьевых регионов в засушливом климате, притоком сельского населения в города, оживлением непроизводственной хозяйственной деятельности, недостаточной очисткой сточных вод, сбрасываемых в водные объекты, нарушением природоохранного законодательства – порождают необходимость сохранения водной среды в условиях будущего повышения экономического потенциала.

В Дунайском устьевом регионе первостепенными задачами являются: возобновление судоходства (по каналу рук. Быстрый – море), борьба с заморными явлениями в озёрных комплексах, предотвращение заиления и заболачивания Жебриянской бухты, увеличение стока рук. Килийского для сохранения Дунайского биосферного заповедника. В Днепро-Бугском устьевом регионе требуется защита лимана от эвтрофирования и загрязнения, разработка комплекса мероприятий по предотвращению заморов и восстановлению рыбопродуктивности, т.к. здесь ущербы от заморов колоссальны. В Бельбекско-Чёрнореченском регионе основной проблемой природопользования является урбанизация побережий, дефицит пресной воды и необходимость сооружения и реконструкции очистных сооружений для предотвращения дальнейшей деградации Севастопольской бухты.

Для сохранения водных ресурсов Килийской системы рукавов, озёро-лиманов, а также предотвращения деградации Дунайского устьевых регионов, необходима ликвидация потоконаправляющей дамбы в районе Измаильского Чатала, углубление бара рук. Быстро-

го, реконструкция рук. Прорва и рук. Соединительного, оптимизация регулирования стока р. Дунай в озёра, сооружение потоконаправляющих дамб выше Соединительного канала и в истоке рук. Быстрый, т.к. без этих мероприятий отмирание рукавов Килийской дельты является закономерным процессом, обусловленным перераспределением стока р. Дунай под действием природных и антропогенных факторов.

Главными задачами по усовершенствованию природопользования в Днепро-Бугском устьевом регионе являются: оптимизация пусков из каскада днепровских водохранилищ, организация специальных мероприятий по борьбе с сине-зелёными водорослями, внедрение новых технологий в промышленности и сельском хозяйстве, прекращение дампинга грунта в Днепро-Бугском лимане, организация комплексного мониторинга заморных явлений и разработка мероприятий по борьбе с ними.

Основные проблемы Бельбекско-Чернореченского региона – периодически возникающий дефицит пресных вод, затопление низовьев р. Бельбек и загрязнение Севастопольской бухты, предлагается решить путём сооружения резервного Камышловского водохранилища в Камышловском овраге, строительства и реконструкции системы канализования и очистки стоков, прекращения их сбросов в Севастопольскую бухту, что улучшит её экологическое состояние.

О ВЛИЯНИИ СТОКА РЕКИ ДОН НА УРОВЕНЬ ВОДЫ В ТАГАНРОГСКОМ ЗАЛИВЕ

Ю.Г. Филиппов

*ФГБУ Государственный океанографический институт
им. Н.Н.Зубова, г.Москва, ugfil@mail.ru*

Вытянутая форма Таганрогского залива, его мелководность, связь с собственно Азовским морем и стоком реки Дон определяют особенности в режиме его уровня. Так, размах колебаний уровня в Таганроге может достигать 5,5 м [1], что создает трудности для судоходства и жизнедеятельности в регионе.

В работе рассматривается один из аспектов этой проблемы – влияние на уровень в заливе величины расхода р.Дон, которые изменяются значительно – от 200 до 2000 м³/с [2].

Для решения задачи были выполнены расчеты, традиционно основанные на численном интегрировании системы уравнений для длинных волн в однородной несжимаемой жидкости в поле силы Кориолиса. Нелинейная система дифференциальных уравнений мелкой воды решалась посредством явно-неявной аппроксимации и схемы расщепления, близкой к схеме [3], с одним дробным шагом по времени.

В силу того, что гидрология Таганрогского залива напрямую связана с гидрологией Азовского моря, расчетная область охватывала Азовское море, Керченский пролив и прилегающий шельфовый район Черного моря. Южная граница расчетной области находилась в Черном море в районе изобаты 100 м. На этой границе ставилось условие свободного протекания.

Первоначально глубины в заливе и Азовском море определялись по навигационной карте выпуска 1951 г. Понятно, что промеры глубин при составлении этой карты проводились в теплое, наиболее спокойное время года. Изменение уровня, обусловленное расходом реки и возможными ветровыми колебаниями при промерах отдельно не выделялись и вошли в общую глубину моря. Поэтому для решения поставленной задачи сначала было необходимо выделить реальную глубину моря и переменную ее часть, обусловленную стоком Дона, пренебрегая возможным ветровым влиянием.

Расчет поля глубин был выполнен путем решения уравнений с применением итераций. Исходная глубина моря задавалась по измерениям из навигационной карты и в процессе счета на каждом расчетном шаге корректировалась на величину изменения уровня в результате стока реки, равного средней величине расхода ее в теплое время года (май – сентябрь) конца 40-х гг. Расчет закончился, когда разность в глубинах между итерациями во всех точках не превышала 0,01 см.

Рассчитанные глубины моря отличались от представленных на навигационной карте в основном только в устьевой области Дона. Максимальная величина изменения уровня составила 37 см. Дальнейшие расчеты по оценке влияния стока Дона на уровень в заливе в зависимости от величины его расхода и силы ветра выполнялись по рассчитанной уточненной карте глубин.

Получено, что изменение уровня в зависимости от изменения расхода реки в устье Дона может достигать 80 см, в то время как в Таганроге ограничивается 16 – 17 см. Время установления уровня при постоянном расходе реки изменяется от суток при малом расходе ($200 \text{ м}^3/\text{с}$) до 3 – 5 суток при больших расходах.

Изменение уровня воды на взморье Дона при изменении величины расхода р. Дон происходит практически линейно как при нагонном, так и сгонном ветре. При этом приращение уровня с ростом расхода реки на $200 \text{ м}^3/\text{с}$ за сутки составляет в Таганроге примерно 1 см как без ветра, так и при нагонном ветре 10 м/с (1,2 см). В устье такое приращение уровня в отсутствии ветра составляет 6,4 см. При нагонном ветре, несмотря на большую абсолютную величину подъема уровня, приращение его от увеличения расхода реки на $200 \text{ м}^3/\text{с}$ за сутки составляет 4,4 см, т.е. с увеличением уровня в результате нагона влияние изменения расхода реки уменьшается. При сгонном, восточном ветре изменение расхода на $200 \text{ м}^3/\text{с}$ за сутки приводит к соответствующему изменению уровня в Таганроге на 2,7 см, а в устье Дона – на 8,3 см, т.е., наоборот, с уменьшением глубины моря при сгоне влияние изменения расхода Дона увеличивается.

Эти данные позволяют уточнять суточный прогноз уровня в устьевой области Дона на завтра, если известен расход Дона у станции Раздорской сегодня. Дело в том, что волна уровня, измеренная у Раздорской, проходит расстояние до устья (около 150 км) в среднем именно за сутки.

1. *Гидрометеорологический справочник Азовского моря.*– Л.: Гидрометеоиздат, 1962.– 855 с.
2. *Полонский В.Ф., Остроумова Л.П.* Закономерности изменения стока воды и взвешенных наносов в устьях рек южных морей России // Труды ГОИН.– 2008.– вып.211.– С.206-221.
3. *Филиппов Ю.Г.* Гидродинамические расчеты нагонов на восточном побережье Северного Каспия // Труды ГОИН.– 1995.– Юбилейный выпуск 2.– С.147-154.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ ЧЕРНОГО МОРЯ ПОСРЕДСТВОМ СООТНОШЕНИЙ КОМПОНЕНТОВ КАРБОНАТНОЙ СИСТЕМЫ

Е.В.Медведев, О.Г.Моисеенко, С.К.Коновалов

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
eugene.medvedev1984@gmail.com

Одним из основных природных циклов обмена веществ в природе является круговорот углерода, важнейшей составляющей которого является карбонатная система. Она представляет собой ком-

плекс неорганических форм углерода: свободный диоксид углерода, растворенный в воде ($\text{CO}_{2(\text{aq})}$), бикарбонат (HCO_3^-) и карбонат-ионы (CO_3^{2-}). Соотношение компонентов карбонатной системы находится в равновесии, нарушение которого говорит о трансформации одного из основных природных циклов – цикла углерода. Таким образом, изменение соотношений этой системы является чутким индикатором устойчивости морских экосистем.

Цель настоящей работы – анализ современного состояния и многолетних изменений карбонатной системы глубоководной части Черного моря. Для расчета карбонатной системы глубоководной части Черного моря и оценки ее многолетних изменений использовалась информация банка данных Морского гидрофизического института (МГИ), полученная в 27 рейсах в 1932 – 2013 гг.

Общее число океанографических станций, на которых проводилось определение pH и общая щелочность (*Alk*), а также величины условной плотности, после экспертной оценки и отбраковки недостоверных данных составило 6759. Исследованиями была охвачена практически вся акватория Черного моря. На основе отобранных данных был проведен расчет карбонатной системы аэробной зоны глубоководной части Черного моря и дана оценка ее междекадных изменений.

Для pH характерны весьма существенные изменения, как по плотности, так и по времени в диапазоне 1930 – 2010 гг. В описываемый период средние значения водородного показателя составили: 8,21 – в 60-х; 8,19 – в 70-х; 8,12 – в 80-х; 8,14 – в 90-х; 8,0 – в 2010-х гг. За последние 50 лет значение pH снизилось на 0,21, при этом за последние 20 – на 0,14. В верхнем слое снижение среднего значения pH составило 0,22, что согласуется с общеизвестной тенденцией к его уменьшению в поверхностных водах Мирового океана в индустриальную эпоху, а в зоне оксиклина понизилось на 0,24. В анаэробной зоне $\Delta\text{pH} = -0,13$.

Равновесное парциальное давление углекислого определяет интенсивность газообмена между морем и атмосферой. Способность морской воды поглощать CO_2 из атмосферы зависит, прежде всего, от разницы $p\text{CO}_2$ в атмосфере и равновесного $p\text{CO}_2$ в воде. С 60-х по 2010-е гг. средние значения $p\text{CO}_2$ зоны оксиклина увеличились на 503 мкатм, концентрация углекислого газа в атмосфере выросла на 73 мкатм (316,91 мкатм – в 60-х гг.; 389,85 мкатм – в 2010-х гг.) [1]. Таким образом, рост равновесного $p\text{CO}_2$ в зоне оксиклина происхо-

дил значительно более высокими темпами, чем в атмосфере. По данным [2], изменение значения TCO_2 на 10 мкмоль/л приводит к изменению величины pCO_2 на 100 мкатм. Среднее значение равновесного парциального давления углекислого газа в верхнем слое в 1960 – 2010-е гг. выросло на 198 мкатм, в 60 – 90-е гг. XX в. оно не превышало атмосферного pCO_2 и создавало условия для инвазии и имело тенденцию к увеличению. В 2010-х его значение составило 468 мкатм.

Интересно отметить изменение положения границы, на которой равновесное pCO_2 вод становилось выше значения pCO_2 в атмосфере. Так, с 60-х по 90-е гг. эта граница, соответствовала диапазону значений относительной плотности от 14,5 до 13,7. В 2010 г. наблюдается резкое уменьшение толщины слоя, способного поглощать CO_2 □ "поднялась" на отметку, соответствующую значению относительной плотности, равному 12,6.

В глубоководной части Черного моря на протяжении всего исследуемого периода средний по акватории поток углекислого газа был направлен из атмосферы в воды Черного моря, интенсивность потока имела тенденцию к уменьшению, поскольку уменьшалась разница между концентрацией CO_2 в атмосфере и равновесной величиной pCO_2 в поверхностных водах, что привело к снижению способности Черного моря поглощать углекислый газ из атмосферы в 2,8 раза.

Увеличение равновесного pCO_2 , уменьшение pH и, что особенно важно, постоянно увеличивающиеся темпы изменения этих параметров за весь период и особенно в 90-е – 2010-е гг. являются признаками негативных трансформаций карбонатной системы вод и цикла углерода Черного моря в целом. Это может привести к серьезным последствиям для биоты Черного моря, поскольку цикл углерода является основным естественным циклом связывающем живую и не живую природу через фотосинтез и дыхание.

1. Full Mauna Loa CO_2 annual record. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>
2. Gernot F.E., Hiscock W.T., Luther G.W., Konovalov S.K. et al. Detailed measurements of carbon dioxide distributions in the Black Sea: indication of horizontal mixing and unexpected surface layer carbon deficit // Second international conference «Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea. Similarities and differences of two interconnected basins». – Turkey, Ankara, 2002. – P.310.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАЙОНА РЕЙДОВЫХ ПЕРЕГРУЗОК В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ В 2013 – 2014 гг.

И.Д.Кудрик, В.С.Портной

Керченский государственный морской технологический университет, г.Керчь

Целью данной работы является анализ актуальных мониторинговых исследований района рейдовых перегрузок в Керченском проливе. Определение непосредственных источников экологического риска при работе морских грузовых комплексов в условиях рейда.

Внешний перегрузочный рейд, расположенный в Керченском проливе активно используется крупными портовыми комплексами, такими как Керченский морской торговый порт, Керченский морской рыбный порт, порт «Кавказ». В связи с этим актуальны вопросы обеспечения экологической безопасности и определения степени техногенной нагрузки на экосистемы проливной и береговых зон. На сегодняшний день, для оценки антропогенного воздействия выполняется ряд мониторинговых исследований и проводится оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС).

Значительное негативное экологическое воздействие на акваторию и прибрежные зоны Керченского пролива оказывается при непосредственной работе перегрузочных терминалов внешнего рейда, и при донном черпании акватории и дампинге грунтов.

Согласно заключениям служб, осуществляющих экологический мониторинг, техногенное воздействие оказываемое работой рейдовых перегрузочных комплексов находится в рамках допустимых значений и не вызывает отклонений в экосистеме Керченского пролива. В отчетах по результатам мониторинга отдельно отмечено отсутствие аварийных выбросов загрязняющих веществ. Однако множество факторов и показателей свидетельствует о наличии негативного воздействия на окружающую среду, а также о недостаточности мероприятий и методик экологического контроля. Для эффективной оценки экологического состояния такого сложного объекта как система «берег – море» Керченского пролива необходим анализ наиболее уязвимых, с точки зрения экологического риска, организационных условий и технологических операции грузовых работ.

За период проведения мониторинга 2012 – 2013 гг., на внешней якорной стоянке № 471 основные работы выполнялись ГП Керченским морским рыбным портом (КМРП). По средствам, которого на рейде было перегружено 10424023,01 т груза, номенклатура которо-

го в основном составляет: нефтепродукты – 9479168,6 т, уголь – 265477,6 т, зерновые – 651898,1 т.

Антропогенное воздействие на окружающую среду оказывает процесс перегрузки и хранения нефтепродуктов, а так же перевалка сыпучих грузов. Общее количество перегруженной на якорных стоянках КМРП нефти составляет 167413,8 т, светлых нефтепродуктов 2919903,2 т, за 11 месяцев 2013 г. В атмосферный воздух выделяются пары нефтепродуктов, которые представлены в основном углеводородами предельными. Данные операции сопровождаются как высоким отделением испарений сопутствующих веществ, а также газообразных и циклических углеводородов. Большое количество летучих углеводородов поступает в атмосферу через негерметичность оборудования и предохранительные клапаны ректификационных колонн и сепараторов, дыхательные клапаны, открытые люки, при наливе и сливе нефтепродуктов (износ оборудования). Значительную опасность представляет работа с грузом мазута, который транспортируется и перегружается на рейдовой зоне Украинской и Российской сторонами. Общее количество мазута обработанного КМРП в зоне рейдовых операций и составляет 6391851,6 т. Перегружаемый мазут относится к категории топочный М-40, М-100, который отличается повышенной зольностью, вязкостью и содержанием серы. Указанный тип мазута сгущается при температуре 10 – 25 °С, т.е. существует необходимость в постоянной поддержке температуры для перегрузки, которая должна быть не ниже $T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Во время хранения продукта в танке периодически производится пуск циркуляционных насосов, а также установки размыва донных отложений. Данная операция необходима для исключения образования осадков на дне топливного танка, более равномерного разогрева мазута, при этом сопровождается повышенным дымовыделением (путевые потери). По данным ОВОС, нефтепродукты содержащиеся в воде в районе рейда и на подходных каналах представлены главным образом, именно летучими углеводами 94 %.

При перегрузке сыпучих грузов степень антропогенного воздействия зависит от объёма перегружаемых грузов и соблюдения технологических условий проводимых работ. В течении 2013 г. КМРП было обработано 651898,1 т зерновых и 265477,6 т угля, что с учетом путевых потерь и нарушений условий перегрузки является значительным источником взвешенных веществ и составляет 1,3% от перегружаемого груза, без учета погодных условий. Количество

взвешенного вещества увеличивается за счет роста объема перегрузки и нарушения условий работ – отсутствия оборудования для сбора просыпанного груза, проведение работ при неблагоприятных погодных условиях и т.п.

Как отмечалось ранее, на акваторию Керченского пролива значительное негативное воздействие оказывают дноуглубительные работы на подходных каналах в районе рейда и дампинг грунтов. В 2010 – 2011 гг. осуществлялось ремонтное дноуглубление подходных каналов и акватории порта, на подходных каналах объем разработанного грунта составил 360000 м³. Согласно отчету ОВОС на действующий глубоководный отвал перемещено в сумме 600000 м³ грунта. Объем грунта переходящего в взвесь при дампинге составил 5 %, путевые потери при транспортировке грунта – 0,1 %. Данные показатели, на фоне отсутствия аварийных разливов, свидетельствуют о повышении мутности и вторичном загрязнении водной среды.

В отчетах экологического мониторинга за последние несколько лет присутствуют данные о превышении допустимых значений ПДК. В январе 2011 г. в воде поверхностного слоя отмечено превышение нормы железа в 1,8 и 1,6 раза – зафиксировано в южной и северо-западной частях Керченского пролива, в придонном слое превышение составляло 2,4 ПДК. Отмечался рост концентрации нефтепродуктов в акватории пролива и района открытого рейда, в 2011 г. превышение ПДК составляло 1,2 – 1,8 раза. В апреле и сентябре 2013 г. был отмечен высокий уровень содержания нефтепродуктов и растворенного кислорода в водной среде. Максимальная концентрация нефтепродуктов составила в 0,09 мг/дм³ (1,8 ПДК), растворенный кислород находился на уровне 10,05 мгО₂/ дм³ в апреле 2013 г. (при допустимом значении не более 4 мгО₂/ дм³). За период мониторинговых исследований атмосферного воздуха 2013 г. наибольшими концентрациями загрязняющих веществ являются концентрации углеводорода с значением 15,33 мг/м³ и пыль антрацита с значением 5,33 мг/м³. В целом множество показателей загрязняющих веществ находилось на предельно допустимом уровне с точки зрения нормативных требований, но с точки зрения экологических показателей стабильности необходима дополнительная оценка, т.к. некоторые из указанных веществ имеют свойства аккумуляции, эффекта суммации.

На данный момент работа в зоне рейдовых операций КМРП приостановлена в связи с изменением и реорганизацией предприятий Керченского п-ова, сменой юрисдикции Керченского пролива и зоны

рейда. Полученные данные о дополнительных источниках техногенного воздействия и недостатках экологической оценки могут быть использованы в дальнейшем для совершенствования систем мониторинга и экологического контроля работы морехозяйственного комплекса.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЁРНОГО МОРЯ

Н.В.Бурдиян

*Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского, г.Севастополь
burdiyan@mail.ru*

Во время 75 рейса НИС «Профессор Водяницкий» в июле 2013 г. на двух полигонах, расположенных в северо-восточной части акватории Чёрного моря в пределах нефтегазоперспективных структур Южно-Керченской, Моряна, Глубокой (полигон 1) и в пределах структуры Палласа (полигон 2) были отобраны пробы донных отложений для микробиологических анализов. Отбор осуществляли грунтовой прямоточной трубкой ТГ. Для микробиологических анализов стерильно отбирали верхний (0 – 3 см) слой донных отложений. В пробах, отобранных на двух полигонах (19 станций), определяли численность гетеротрофных и нефтеокисляющих бактерий; на пяти станциях (полигон 2) определено количество тионовых, сульфатредуцирующих и денитрифицирующих групп бактерий. Последующая обработка материала велась по ранее описанным методикам (Нетрусов, 2005).

Результаты исследований показали, что гетеротрофные бактерии были выделены из всех образцов донных отложений с глубин от 67 до 191 м (полигон 1). В подавляющем большинстве проб численность гетеротрофов находилась в пределах 10^3 – 10^4 . В донных отложениях с глубин от 460 до 916 м (полигон 2) численность гетеротрофов варьировала от 1500 до 9500 кл./г.

На полигоне 1, расположенном в пределах нефтегазоперспективных структур Южно-Керченской, Моряна и Глубокой, численность бактерий, участвующих в процессе деструкции нефтяных углеводородов, колебалась от 25 до 450 кл./г. На пяти глубоководных станциях второго полигона число нефтеокисляющих бактерий варьировало от 1 до 250 кл./г.

Сульфатредуцирующие бактерии были высеяны из всех проб, отобранных в пределах структуры Палласа (полигон 2), однако численность сульфатредукторов не превышала одной бактериальной

клетки в грамме донных отложений.

Тионовые бактерии были высеяны в 100 % проб. Численность тионовых бактерий находилась в пределах второго порядка, варьируя от $2,5 \cdot 10^2$ до $4,5 \cdot 10^2$ кл./г. Минимум тионовых бактерий определен на глубине 916 м.

Бактерии, осуществляющие процесс денитрификации были выделены на четырех станциях из пяти, причём их численность колебалась в широком диапазоне: от 1,0 до $2,5 \cdot 10^2$ кл./г. Денитрификаторы не выявлены только на глубине 916 м.

Таким образом, на основании выполненных исследований можно сделать вывод о повсеместном распространении исследуемых групп бактерий в донных отложениях северо-восточной части акватории Чёрного моря. Численность гетеротрофных бактерий в донных отложениях колебалась от $4,5 \cdot 10^2$ до $9,5 \cdot 10^4$ кл./г, нефтеокисляющих – от 1 до $4,5 \cdot 10^2$ кл./г. Количественные показатели сульфатредуцирующих бактерий не превышали одной бактериальной клетки на 1 г сырого грунта. Число тионовых бактерий варьировало от 1 до $4,5 \cdot 10^2$ кл./г, денитрифицирующих – от 1 до $2,5 \cdot 10^2$ кл./г. Отмечено отсутствие микрозональности в распределении гетеротрофных бактерий.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ОТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ОРГАНИЧЕСКИМ УГЛЕРОДОМ И ХЛОРОФИЛЛОМ «А» В ФИТОПЛАНКТОНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ. ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ РОЛЬ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Л.В.Стельмах

*Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского, г.Севастополь
lustelm@mail.ru*

Известно, что отношение между органическим углеродом и хлорофиллом «а» (С/Хл «а») совместно с фотосинтезом и дыханием оказывает регулирующее влияние на рост фитопланктона. Среди структурных параметров фитопланктона именно отношение С/Хл «а» достаточно быстро реагирует на изменения условий среды и прежде всего, света. Этот показатель зависит не только от условий среды, но и от таксономической и размерной структуры фитопланктона.

Исследования, выполненные в 2000 – 2010 гг. на семи станциях в районе Севастополя, показали, что значения С/Хл «а» в нано- и микрофитопланктоне поверхностных вод (0 – 0,5 м) изменялось в течение года приблизительно на порядок: от 25 до 500 (мгС/мг Хл «а»).

Минимальные значения (25 – 55), полученные в зимний период при самых низких величинах интенсивности солнечной радиации ($4 - 6 \text{ Э}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{день}^{-1}$) и температуры воды ($7 - 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$) и относительно высоких концентрациях соединений минерального азота ($\geq 1 \text{ мкМ}$), связаны с развитием диатомовых водорослей *Skeletonema costatum* (Grev). Cl., *Chaetoceros socialis* (Laud.) и *C. curvisetus* (Cl.). Такие же значения отношения наблюдались также для диатомовых видов осенью и весной, в период, предшествующий “цветению” воды этими водорослями. В остальных случаях весной и осенью на фоне максимальных значений биомассы фитопланктона получены промежуточные величины отношения органического углерода к хл *a* (100 – 300). А его наибольшие значения (250 – 500) отмечены в период с июля по сентябрь. В это время наблюдались максимальные или близкие к максимальным величины интенсивности солнечной радиации ($40 - 60 \text{ Э}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{день}^{-1}$) и температуры воды ($\geq 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$). При этом, в планктоне более 50 % биомассы нано- и микрофитопланктона составляли, как правило, динофитовые водоросли *Ceratium tripos* (O.F.Müll.) Nitzsch., *Ceratium furca* (Ehr.) Clap. Et Lachm., *Prorocentrum cordatum* (Ostf.) Dodge, *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Balech., а содержание минеральных форм азота часто снижалось до аналитического нуля.

Анализ результатов показывает, что в 72 % случаев отношение органического углерода к хлорофиллу «а» было не выше 175, в 80 % случаев – не более 200, а в 90 % – 300. И только для 10 % данных этот показатель превысил 300.

Для выявления характера и особенностей сезонной изменчивости С/Хл «а» в контрастных районах (в районах, подверженных влиянию открытых вод и в закрытых бухтах) прибрежной зоны были использованы нормированные значения отклонений среднемесячной величины от ее среднемноголетнего значения. Анализ показал, что исследованные прибрежные районы моря по характеру сезонной изменчивости отношения не различаются. Одинаковый характер сезонной изменчивости нормированных значений С/Хл «а» в различных участках прибрежных вод моря позволил представить сезонную динамику средних величин этого показателя в абсолютных значениях (мгС/мг Хл «а») по всему массиву полученных данных. В целом характер сезонной изменчивости этой величины в прибрежных водах можно описать одновершинной кривой с летним максимумом. Амплитуда сезонной изменчивости отношения (по среднемесячным значениям) в исследованных водах достигала 6 раз.

Дать количественную оценку совместного влияния факторов среды, а также таксономической и размерной структуры фитопланктона на сезонную изменчивость $C/Xл$ «а» достаточно сложно. Эту задачу мы попытались решить с помощью метода множественной регрессии. Было получено три статистически достоверных уравнения для различных сезонов года, которые включают свет, температуру, содержание минерального азота и долю динофитовых водорослей в общей биомассе нано- и микрофитопланктона, а для лета и средневзвешенный объем клеток водорослей, так как в летний период наблюдалась максимальная изменчивость размеров клеток. Полученные уравнения не являются универсальными и справедливы только при условиях, которые отмечены в период работ. Однако они позволяют заключить, что в море на фоне большой изменчивости факторов среды и наличии существенных различий в таксономической и размерной структуре фитопланктона сезонная вариабельность отношения $C/Xл$ «а» определяется совместным действием всех факторов, вклад которых в общую изменчивость отношения неодинаков в различные сезоны года.

Одним из основных показателей уровня продуктивности водоемов является биомасса фитопланктона. Поскольку метод прямой микроскопии, позволяющий определять этот показатель, очень трудоемкий, в настоящее время в гидробиологической практике все большую популярность приобретают косвенные методы оценки фитопланктонной биомассы. Среди них самым распространенным является метод определения биомассы планктонных микроводорослей по содержанию хлорофилла «а» и известной величине отношения $C/Xл$ «а» в клетках водорослей. На основе прямых определений биомассы фитопланктона, выполненных в разные годы, а также данных по концентрации хлорофилла, была реконструирована многолетняя динамика биомассы фитопланктона в поверхностном слое Севастопольской бухты. За период с 1955 по 2010 гг. среднемноголетняя биомасса составила $2050 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3} (\pm 840 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3})$. Однонаправленных трендов в развитии фитопланктона бухты за последние шесть десятилетий не выявлено. Это может свидетельствовать о высокой устойчивости фитопланктона к действию факторов среды и стабильности кормовой базы для зоопланктона.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА ПРИБРЕЖНЫХ ВОД ЧЕРНОГО МОРЯ В РАЙОНЕ КРЫМА В КОНЦЕ ВЕСЕННЕГО ПЕРИОДА

Е.Ю.Георгиева, Л.В.Стельмах

Институт биологии южных морей им. О.А.Ковалевского, г.Севастополь
e-georgieva@rambler.ru

Состояние экосистемы Черного моря в значительной степени определяется ее первичным звеном – фитопланктоном. Его количественные показатели, такие как численность, биомасса, общее количество видов и таксонов, а также число доминирующих видов, позволяют судить о степени устойчивости развития фитопланктонного сообщества и уровне обеспеченности зоопланктона, а также некоторых рыб растительной пищей.

Среди заметных изменений в фитопланктоне Черного моря в конце прошлого – начале нынешнего столетия следует отметить увеличение доли мелкоклеточной кокколитофориды *Emiliania huxleyi* (Lohm) Hay & Mohler. Интенсивное развитие данного вида в отдельные периоды года и, прежде всего в конце весны – в начале лета приводит к «цветению» воды [1], то есть к изменению ее оптических свойств. В результате «цветения» *E. huxleyi* спутниковый сканер регистрирует так называемую «белую воду» [1, 4]. Способность этого вида водорослей к миксотрофному питанию, а также малые линейные размеры позволяют расти клеткам с высокой скоростью, что является физиологической основой его массового развития в море [2].

С целью оценки современного состояния прибрежных акваторий Черного моря, в мае 2013 г. в 72-м рейсе НИС «Проф. Водяницкий» был проведен гидробиологический мониторинг в районе шельфа Крыма и в глубоководной области. Всего на 19 станциях была отобрана 71 проба воды на исследование фитопланктона поверхности, слоя термоклина, ХПС, максимальных значений параметров биолюминесценции, стандартных 40, 80 м и сероводородной зоны. Исследования количественных показателей фитопланктона свидетельствуют о массовом развитии данной кокколитофориды на всей исследованной акватории. На большинстве станций наблюдалось «цветение» мелкоклеточной кокколитофориды *E. huxleyi* как на поверхности, так и в слое термоклина (10 – 25м), а на глубоководной станции, напротив Керчи (44°33.105, 36°17.700) «цветение» достигло глубины 30 м.

Суммарная численность фитопланктона в поверхностном слое

менялась в диапазоне 334,8 – 4467,7 млн. кл./м³, в термоклине 161,3 – 4367,7 млн. кл./м³. На большинстве станций более 90% этой численности составляла *E. huxleyi* как на поверхности, так и в термоклине. Даже в сероводородном слое этот показатель достигал 80 %. Наибольшими значениями численности отличались станции прибрежья Крыма – от Ялты до Карадага. Как правило, численность *E. huxleyi* превышала 1 млрд. кл./м³, за исключением станций Каркинитского залива и двух прибрежных станций Каламитского залива.

Получено, что *E. huxleyi* доминировала не только по численности, но и по биомассе. Она составляла около 80 % от биомассы суммарного фитопланктона на поверхности и 60 % – в термоклине. В результате преобладания данного вида суммарная биомасса фитопланктона характеризовалась невысокими значениями: 59,4 – 436,9 мг/м³ – на поверхности и 15,7 – 314,5 мг/м³ – в термоклине.

Таким образом, на большей части исследуемой акватории наблюдалось «цветение воды», вызванное развитием *E. huxleyi*. По данным выполненных лабораторных исследований [3], показано, что питание копепод этой кокколитофоридой хотя и осуществлялось, но приводило к существенному нарушению их репродуктивных свойств. Можно полагать, что в период «цветения» воды данным видом водорослей ухудшается кормовая база для мезозoopланктона, а значит замедляется процесс его развития.

Помимо выше упомянутой кокколитофориды в исследованных водах было определено 91 наименование микроводорослей, относящихся к 7 классам и одной сборной группе Flagellata. По видовому составу преобладали динофитовый (49 таксонов) и диатомовый (24 таксона) комплексы. Видовой состав фитопланктона соответствовал переходному периоду от весны к лету. При этом низкие значения биомассы ценных в кормовом отношении диатомовых и динофитовых водорослей ограничивали, вероятно, развитие не только мезозoopланктона, но и микрзоопланктона. Подтверждением тому может служить слабое выедание суммарного фитопланктона микрзоопланктоном. Было показано, что удельное потребление фитопланктона микрзоопланктоном было в 3 раза ниже удельной скорости роста фитопланктона [5].

1. Микаэлян А.С., Силкин В.А., Паутова Л.А. Развитие кокколитофорид в Черном море: межгодовые и многолетние изменения // Океанология. – 2011. – т.51, № 1. – С.45-53.
2. Стельмах Л.В., Сеничева М.И., Бабич И.И. Эколого-физиологические

основы «цветения» воды, вызываемого *Emiliana huxleyi* в Севастопольской бухте // Экология моря.– 2009.– вып.77.– С.28-32.

3. Ханайченко А.Н., Пуле С.А., Канг Х.К. Влияние питания самок *Calanus helgolandicus* (Copepoda, Calanoida) микроводорослями *Emiliana huxleyi* и *Rhodomonas salina* на продукцию яиц и жизнеспособность науплиев // Экология моря.– 2001.– вып.55.– С.63-68.
4. Balch W.M., Holligan P.M., Ackleson S.G., Voss K.J. Biological and optical properties of mesoscale coccolithophore blooms in the Gulf of Maine // Limnol. Oceanogr.– 1991.– 36. – P.629-643.
5. Stelmakh L.V., Georgieva E.Yu. *Emiliana huxleyi* spring bloom in the Black Sea: a tentative investigation // Intern. J. of Marine Science.– 2014.– v.4, № 17.– P.160-165.

CURRENT STATUS OF THE BLACK SEA WHITING, *Merlangius merlangus* L., 1758, INFECTION WITH PARASITES

Y.Kornyychuk¹, A.Özer², V.Yurakhno¹, T.Öztürk²

¹*Institute of Biology of the Southern Seas, Sevastopol*

²*Sinop University, Faculty of Fisheries and Aquatic Sciences, Sinop, Turkey*

Black Sea whiting *Merlangius merlangus* (L.) is one of the main commercially important fish species for Black Sea countries, especially for Turkey, and this country catches more than 85 % of whole catch in the Black Sea – mainly near Sinop region. The Black Sea Commission reported in 2008 that other Black Sea countries use only small part of whiting stocks. According to FAO, the general mid-annual catch of whiting (except Turkish catch) was less than 0.6 tons in 1996 – 2005 that allows us to believe an increase in whiting catches in future. The Black Sea whiting is either definitive and/or, more importantly, the intermediate host of some parasites which have zoonotic potential. Moreover, whiting parasites may also be actors causing degradation in the quality of fish flesh or important fish pathogens. It is also known that the Black Sea whiting is divided into different populations with their reproductive isolation determined by spatially isolated spawning areas, and we could expect regional differences in component structure of the Black Sea whiting parasites. So, parasitological monitoring of whiting stocks is needed to reveal its past and current status both in regions of intensive fishing (Sinop coasts) and regions of potential whiting importance as fishing object (Crimean coasts).

Current status of the parasite fauna of *M. merlangus* in the Black Sea was revealed using 690 and 423 fish samples collected near Sinop (Tur-

key) and in Balaklava Bay (Russia) respectively, in the period between May 2011 – April 2014. Conventional methods of parasitological dissection, parasite fixations and slide preparations were applied with respect to taxonomic level of parasites. The values of infection prevalence (%), mean intensity and mean abundance were calculated for each parasite species. The similarity in whiting parasite fauna at two sampling localities was evaluated using the Czekanowski-Sørensen index.

A total of eight parasite species were identified; *Trichodina gobii* Raabe, 1959, *Eimeria merlangi* Zaika, 1966, *Ceratomyxa merlangi* Zaika, 1966, *Myxidium gadi* Georgevitsch, 1916, *Gyrodactylus alviga* Dmitrieva et Gerasev, 1997, *Hysterothylacium aduncum* (Rud., 1802) larvae and adults, *Scolex pleuronectis* Müller, 1788 plerocercoids as well as *Grillotia erinaceus* (van Beneden, 1858) plerocerci were registered at both sampling localities while *Prodistomum polonii* (Molin, 1859) was found only once in Balaklava Bay. This research study revealed considerable differences in prevalence and abundance values of *T. gobii*, *G. alviga*, *G. erinaceus* and *H. aduncum* between both localities indicating two distinct groups of whiting and supported other studies suggesting complex structure of whiting stocks in the Black Sea.

It is obvious that component structure of digenean community of the Black Sea whiting in northern part of the Black Sea has strongly changed since its previous investigations. The core of whiting parasite fauna is extremely close at northern and southern regions of the Black Sea and consists of the most common species of protozoa, myxozoa and helminths. On the other hand, six parasite species (*T. gobii*, *E. merlangi*, *C. merlangi*, *M. gadi*, *G. alviga*, *G. erinaceus*) were registered off Turkish coasts for the first time.

ИНДЕКСЫ И ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ

О.Г.Моисеенко, Н.А.Орехова, С.К.Коновалов

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
olga.moiseenko.65@mail.ru

Основными экономическим, туристическим, рекреационным и бальнеологическим ресурсами Крыма были и остаются прибрежные акватории, поэтому научно-исследовательские продукты, отражающие их статус и динамику изменений под воздействием антропогенной нагрузки, чрезвычайно важны для принятия стратегических решений в области интегрированного управления прибрежной средой

и регионом в целом. Уровень муниципальной, рекреационной и техногенной нагрузок полуострова оценивается как высокий, а загрязнение прилегающих вод угрожающее.

Целью настоящей работы является разработка научного методологического подхода к оценке экологического состояния акваторий, которая должна быть понятной для широкого круга специалистов, занимающихся проблемами устойчивого эколого-экономического развития прибрежных акваторий, от которых зависит принятие конкретных решений и мер по стабилизации и улучшению их состояния.

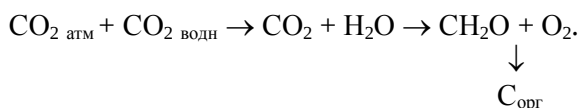
Объектом для исследования послужила Севастопольская бухта. Начиная с 1998 г., в ней осуществляются мониторинговые исследования, что позволило накопить обширную базу натурных данных, которые использовались для расчета нормированных показателей и индексов для оценки экологического статуса бухты.

Морские донные отложения отражают процессы основных природных циклов водной экосистемы, степень и глубину их трансформации, а так же рассматриваются как накопители загрязнения. Они представляют собой более консервативную по сравнению с водой систему, а потому их состояние позволяет объективно оценивать статус водоема в целом. В связи с этим, предлагаемая нами методика оценки представляет собой ансамбль нормированных показателей, которые отражают уровень загрязнения, состояние основного природного цикла и кислородного режима донных отложений

Уровень загрязнения Севастопольской бухты был определен с помощью индекса *PLI* [1], с помощью которого определили интенсивность загрязнения различных районов бухты. Полученные индексы позволили выполнить районирование Севастопольской бухты и выделить наиболее загрязненные зоны – районы экологического риска. Было проведено сравнение уровней загрязнения некоторых черноморских бухт и эстуариев Франции, Ирландии и Австралии. Таким образом, индекс *PLI* позволил определить уровень и пространственное распределение консервативных и диссипирующих загрязнителей, охарактеризовать экологический статус Севастопольской бухты, как типичный европейский.

Чтобы оценить степень трансформации состояния экосистемы бухты от естественно природного, нами было проанализированы межгодовые и пространственные изменения основного природного цикла – цикла углерода. Для этого использовалась относительная величина – «rain ratio parameter» γ [2]. Анализ пространственного распределения параметра γ в донных отложениях Севастопольской

бухты показал, что площади донных отложений, на которых преобладает накопление органического углерода, занимают большую часть бухты. Очевидно, углекислый газ, как продуцируемый в водах бухты, так и поступающий из атмосферы, при наличии значительного количества биогенных элементов расходуется на образование органического вещества при фотосинтезе. В условиях мелководности акватории и высокой скорости осадконакопления это приводит к отложению и накоплению органического вещества в донных отложениях бухты. Концептуальную модель биохимической составляющей цикла углерода в Севастопольской бухте можно представить в виде следующей последовательности реакций:



Поскольку между $\text{C}_{\text{орг}}$ и интенсивностью сульфатредукции в большинстве случаев наблюдается прямая зависимость, то такие особенности состояния среды приводят к формированию в поверхностном слое донных отложений анаэробных условий.

Учитывая важность кислородного режима для функционирования водных экосистем. Еще одним показателем качества для Севастопольской бухты стал такой относительный показатель, как время истощения кислорода, с помощью которого возможно прогнозировать развитие зон дефицита кислорода, приводящего к аноксии. Для района бухты, подверженного интенсивному антропогенному воздействию (район Южной бухты), время полного истощения кислорода составило 19 дней, а для центральной части бухты с наиболее интенсивным водообменом с открытой частью моря – 3,5 месяца.

Комплексное использование выше перечисленных показателей позволило охарактеризовать уровень загрязнения и степень трансформации экосистемы Севастопольской бухты в относительной оценочной шкале, которой можно руководствоваться, принимая стратегические решения по менеджменту эстуариев. Применение этого метода оценки, безусловно, будет способствовать взаимопониманию между административными и научными работниками при обсуждении экологических проблем прибрежных акваторий, что особенно важно в современных условиях, когда дальнейшее снижение эффективности природопользования и усиление антропогенного давления на природную среду приводит к истощению тех самых

ресурсов, которые являлись привлекательными с точки зрения инвестиционной значимости территории.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке по проекту РФФИ № 14-05-90400 «Исследование современного состояния и прогноз развития прибрежных геосистем в Азово-Черноморском бассейне с учетом изменчивости природных факторов и антропогенного пресса».

1. *Игнатъева О.Г.* Оценка уровня загрязнения Севастопольской бухты // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008.– вып.15.– С.50-56.
2. *Моисеенко О.Г., Орехова Н.А.* Исследование механизма многолетней эволюции цикла углерода в экосистеме Севастопольской бухты // Морской гидрофизический журнал.– 2011.– № 2.– С.72-81.

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ САНАЦИИ ЗОН ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА

Т.С.Осадчая

Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского, г.Севастополь

Базовой идеей в технических решениях ГС является создание дополнительных площадей/поверхностей для формирования и развития различных морских организмов и сообществ. Присущее каждому участку акватории биоразнообразие предполагает особое распределение функциональных звеньев, формирующих механизм самоочищения, а физико-химические условия среды, в том числе и уровень загрязнения нефтяными углеводородами, регулируют скорость и интенсивность этого процесса. Среди организмов-обрастателей ГС лидирующая роль принадлежит двустворчатым моллюскам *Mytilus galloprovincialis*. Одна мидия размером 35 – 40 мм отфильтровывает до 1400 см³ морской воды в час и при средней плотности обрастания 2500 – 3000 экз./м², как, например, на отдельных причальных стенках, набережных, молах и т.п., объем фильтрации может составлять 84 – 100 м³/сутки. Развитие основных обрастателей-фильтраторов естественным образом увеличивает поверхность конструкции ГС и создает дополнительные площади для расселения разнообразной биоты, включая многочисленную микрофлору. Естественный спад моллюсков с носителей системы на донную поверхность формирует со временем достаточно плотное поселение разнообразных бентосных

форм в прилегающей области, повышая, тем самым, разнообразие фауны также участвующей в общем процессе самоочищения.

История практического использования гидробиологических систем для санации прибрежных акваторий Севастополя насчитывает не одно десятилетие. Первая конструкция по типу «заградительной сети-биофильтра» была размещена в одном из наиболее экологически напряженном участке Севастопольской бухты – Нефтегавани (терминал для заправки военных и гражданских судов с 1903 г.) в 90-х гг. XX ст. и продолжает (в обновленном варианте) функционирование в настоящее время.

Регулярные наблюдения за динамикой естественного обрастания и, как следствие, возрастанием мощности ГС показывают, что уже через два года с момента установки среднее значение фильтрационной активности составляло 114 м^3 в сутки на 1 м^2 поверхности, а через три – 130 м^3 соответственно. Доминирование в сообществе обрастания естественных активных моллюсков-фильтраторов обеспечивает непрерывность процесса самоочищения, интенсивность которого в настоящий период (по рассчитанной фильтрационной мощности) составляет более 300 м^3 в сутки на 1 м^2 . Для сравнения, фильтрационная активность поселения мидий на других искусственных субстратах (сваи причалов, пирсов) в этом же районе в 2 – 3 раза ниже.

Преобладание мидий в районе функционирования ГС подтверждается количественными характеристиками бентосного сообщества. В частности, при наблюдаемом диапазоне вариаций общей биомассы бентоса – от 150 до 2180 г/м^2 – значения свыше 1000 г/м^2 определялись биомассой именно *Mytilus galloprovincialis*. Отметим, что зафиксированные в данном районе высокие показатели биомассы и численности бентоса в других, сопоставимых по уровню нефтяного загрязнения участках Севастопольской бухты, практически не наблюдались [1]. Оценки экологического состояния бухты по биотическому индексу АМВИ показали, что состояние сообществ, близкое к «нечтущенному», в отдельные годы отмечалось только в районе функционирования гидробиологической системы – Нефтегавани [2].

Анализ бактериального населения ГС и прилегающей акватории показал высокую численность нефтеокисляющих микроорганизмов [3]. Известная способность последних использовать нефть и нефтепродукты в качестве основного субстрата для собственного роста и развития в значительной мере определяет конечную судьбу нефтяных углеводородов в морской среде. Присутствие в перифитоне

гидробиологической системы дрожжей, составляющих не только значительную часть биомассы микроорганизмов водной тощи, но и обладающих генетически обусловленной биохимической активностью в отношении углеводов нефти, показывает разнообразие микрофлоры, участвующей в стимулировании процессов микробного самоочищения [4]. Эффективность гидробиологической системы в отношении общей санации морской среды подтверждает и анализ антиоксидантной системы в ряде макроводорослей с выраженным откликом на воздействие антропогенного фактора (*C. laetevirens*, *C. rubrum*, *E. intestinalis*, *E. prolifera*) [5]. В отобранных на разных расстояниях от ГС пробах макрофитов наблюдалось увеличение активности каталазы (АК) по мере удаленности от «системы», что свидетельствует о более благоприятной экологической обстановке в районе функционирования. Причем, значения АК у зеленых водорослей, отобранных непосредственно на коллекторах ГС, практически совпадало с расчетными условно нормальными показателями [6].

Проведенные мониторинговые исследования убедительно показывают, что установка гидробиологических систем в зонах экологического риска формирует дополнительный локальный биоценоз, каждое живое звено которого, выполняя свои «функциональные обязанности» по трансформации/утилизации загрязнения, способствует, в первую очередь, оздоровлению «малой акватории» – Нефтегавани. Расширение внедрения модулей ГС в других не менее экологически напряженных участках могло бы не только значительно снизить общий поток загрязнителей на пути возможного распространения, но и повысить эффективность действия предлагаемых систем в санации всей акватории Севастопольской бухты.

1. *Алемов С.В., Витер Т.В.* Мониторинговые исследования состояния сообществ макрозообентоса в районе системы гидробиологической очистки (Б. Севастопольская) // Сб. научн. тр. «Системы контроля окружающей среды». – 2010. – 13. – С.225-231.
2. *Алёмов С.В.* Оценка экологического качества портовых акваторий региона Севастополя по характеристикам сообществ макрозообентоса // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, 2009. – вып.18. – С.19-29.
3. *Дорошенко Ю.В.* Микрофлора нефтегавани Севастопольской бухты (Чёрное море) // Морск. экол. журн. – 2005. – Отд. вып., № 1. – С.33-37.

4. *Миронов О.Г., Дорошенко Ю.В.* Нефтеоокисляющие дрожжи перифитона систем гидробиологической очистки морских вод // Морск. экол. журн.– 2007.– № 2, Т.VI.– С.58-62.
5. *Мильчакова Н.А., Шахматова О.А.* Каталазная активность массовых видов черноморских водорослей-макрофитов в градиенте хозяйственно-бытового загрязнения // Морск. экол. журн.– 2007.– № 2.– С.44-57.
6. *Шахматова О.А., Мильчакова Н.А.* Использование биохимических маркеров черноморских макрофитов для оценки эффективности очищения прибрежной акватории ценозом обрастания // Наук. Зап. Терн. НПУ ім. В. Гнатюка (біологія).– 2010.– 3(44).– С.310-312.

РОЛЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ АССИМИЛЯЦИОННОЙ ЁМКОСТИ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ АКВАТОРИИ

О.В.Соловьёва

*Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского, г.Севастополь
kozl_ya_oly@mail.ru*

Разработка рекомендаций по управлению качеством водной среды и эксплуатации прибрежных акваторий неразрывно связана с определением ассимиляционной ёмкости прибрежной экосистемы. Это показатель максимальной динамической вместимости количества загрязняющего вещества, которое может быть за единицу времени накоплено, разрушено, трансформировано и выведено за пределы экосистемы без нарушения нормальной ее деятельности. Величина ассимиляционной ёмкости экосистемы зависит от множества природных и антропогенных факторов, но при практической оценке ассимиляционной ёмкости океана можно выделить три основных процесса: гидродинамику, микробиологическое окисление органических загрязняющих веществ, биоседimentацию. Разработка рекомендаций для управления качеством водной среды и эксплуатация акватории так же не может не учитывать наличие гидротехнических сооружений, т.к. в портовых акваториях, в частности, в Севастопольской бухте, на их поверхности происходят активные биологические и физико-химические процессы, влияющие на качество водной среды.

Целью данной работы стало определение роли перифитона гидротехнических сооружений в формировании ассимиляционной ёмкости прибрежной акватории.

На поверхности гидротехнических сооружений протекают интенсивные процессы взаимодействия биоты с органическим веществом, результатом которых является естественное самоочищение акватории. По этой причине моделирование и оценка интенсивности указанных процессов, на поверхности гидротехнических сооружений представляет значительный научный и практический интерес. Для оценки ассимиляционной ёмкости применяются различные подходы. Ассимиляционная ёмкость акватории пропорциональна средней скорости удаления загрязняющих веществ из экосистемы.

Процесс биоседimentации на поверхности гидротехнических сооружений севастопольской акватории, связан, в основном, с деятельностью моллюсков-фильтраторов: мидий и митилястеров. Наши оценки показали, что их вклад в осаждение взвешенного вещества в севастопольской акватории составляет около 200 т в год, из которых около 3 т приходится на нефтепродукты.

Как показали расчеты, связь между интенсивностью потоков нефтяных углеводородов (НУ) через поселения митилид на молах и содержанием нефтепродуктов в иле отсутствует. Скорее всего, это связано с тем, что интенсивность осаждения данного классов веществ на поверхность моллов митилидами значительно ниже скорости процессов биоразложения нефти, а так же интенсивности оседания нефтепродуктов под влиянием других факторов. Можно предположить, что, в результате гидродинамических процессов происходит существенное перераспределение осадков по поверхности подводной части моллов, что и определяет распределение НУ на них.

Микробная деструкция наиболее активно происходит на поверхности твердых субстратов. Гидротехнические сооружения, с одной стороны, являются дополнительными поверхностями для развития микробного сообщества, которое ассимилирует органическое вещество (в том числе и нефтепродукты). С другой стороны, если сооружения представляют собой разного рода наброски, на их поверхности откладывается илистый осадок, который также служит дополнительным субстратом для микроорганизмов. Было рассчитано, что на южном молу ежегодно подвергается деструкции около 150 г нефтепродуктов, а на восточном – 100 г. Наши оценки показывают, что на поверхности данных моллов в илистых отложениях содержится 100 г нефтепродуктов на южном молу и 78 г – на восточном. Эти количества находятся в пределах (примерно 2/3) потенциальной годовой деструкции НУ данной группой организмов на по-

верхности молов. Таким образом, на поверхности исследованных гидротехнических сооружений не происходит депонирование НУ, и та их часть, что не оседает на дно, подвергается микробному разложению организмами перифитона с поверхности молов. Эти результаты так же перекликаются с данными о том, что количество осаждаемых взвешенных нефтепродуктов не коррелирует с содержанием НУ в иле на поверхности мола.

Исходя из данных о скорости потребления нефти бактериями перифитона молов, без дополнительных подсчётов, можно предположить, что на поверхности всех гидротехнических сооружений Севастопольской акватории ежегодно разрушается несколько килограммов нефтепродуктов. Данные величины можно считать вкладом перифитона гидротехнических сооружений в формирование удаления загрязняющего вещества из экосистемы, а, следовательно, и ассимиляционной ёмкости акватории. Эта цифра не является весомой относительно общего поступления нефтепродуктов в бухты Севастополя, которое в среднем составляет порядка 250 т/год.

Можно подытожить, что биотрансформация нефти является сложным и многофакторным процессом. Оценка интенсивности такого рода процесса не является однозначной. Однако попытки провести такую оценку представляют значительный практический интерес т.к. ложатся в основу расчета ассимиляционной ёмкости акватории, которая должна быть основой для нормирования допустимой антропогенной нагрузки. Таким образом, сообщество, обитающее на поверхности гидротехнических, сооружений вносит определённый вклад в процессы самоочищения и таким образом участвует в формировании ассимиляционной ёмкости акватории.

АНАЛИЗ ХИМИКО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОННЫХ ОСАДКОВ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ СЕВАСТОПОЛЯ (НА ПРИМЕРЕ СТРЕЛЕЦКОЙ БУХТЫ)

Ю.В.Дорошенко, Е.А.Тихонова

*Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского, г.Севастополь,
julia_doroshenko@mail.ru, tihonova@mail.ru*

Последнее десятилетие характеризуется усилением антропогенной нагрузки в районе бухты Стрелецкой, в частности, – интенсивной застройкой береговой полосы коммунальными и гостинично-туристическими комплексами, расширением сети причалов для су-

дов малого (прогулочного) флота и т.п. Всё это не могло не отразиться на экологическом состоянии прибрежной акватории. В то же время донные осадки представлены довольно высокими значениями биомассы, численности и видового разнообразия макрозообентоса (Миронов, Кирюхина, Алёмов, 2003).

Цель работы – оценить экологическое состояние б. Стрелецкой по микробиологическим и химическим показателям донных осадков.

Пробы донных осадков отбирались на 5-ти станциях в б. Стрелецкой с помощью дночерпателя Петерсона в 2013 – 2014 гг., из них 4 станции соответствовали станциям при многолетнем мониторинге отдела морской санитарной гидробиологии, а одна была выбрана в куте бухты на малых глубинах, где в большей степени концентрируются загрязняющие вещества. Численность гетеротрофных (ГТ) и нефтеокисляющих (НО) бактерий определяли методом предельных разведений на соответствующих селективных средах. Количество микроорганизмов рассчитывали по таблице Мак-Креди. В соответственно подготовленных воздушно-сухих пробах донных осадков определяли количество хлороформ-экстрагируемых веществ (ХЭВ) весовым методом и нефтяных углеводородов (НУ) методом ИК-спектроскопии.

Численность ГТ бактерий в донных осадках б. Стрелецкой варьировала от $2,0 \cdot 10^3$ до $1,5 \cdot 10^6$ кл./г, НО от 25 до 2500 кл./г. Численность бактерий колебалась в зависимости от сезона. В кутовой части бухты численность бактерий на 1 – 2 порядка была выше, чем на выходе из бухты и на порядок выше для НО бактерий. Максимальные значения отмечены для тёплых месяцев, когда идёт активная эксплуатация бухты и наблюдается повышение температуры воды.

Следует отметить, что на долю НО бактерий приходилось от 0,1 до 5,6 % от общего количества гетеротрофов. При этом доля НО от ГТ составляла 0,1 – 1,8 % в кутовой части бухты, а на выходе из неё – от 0,2 до 5,6 % ГТ. Таким образом, на выходе из бухты, где наименьшее количество доступного органического вещества, процесс самоочищения от НУ происходит быстрее, чем в глубине бухты.

Донные осадки в вершине бухты и середине были представлены чёрными илами с большим количеством гниющей органики и запахом сероводорода, нефтепродуктов и илы с примесью песка на выходе из бухты. Соответственно, загрязняющие вещества распределены в донных осадках бухты неравномерно. Достаточно высокие количества ХЭВ отмечаются в осадках вершины бухты, где их кон-

центрация достигала до 2300 мг/100 г возд.-сух. д.о., причём в разные периоды данный показатель колеблется в более широких пределах нежели НУ, что говорит о большем поступлении органических веществ. В среднем по бухте концентрация ХЭВ колебалась от 1140 до 2300 мг/100 г возд.-сух. д.о., причём наименьшие величины отмечены на выходе Стрелецкой бухты.

Концентрации НУ колебались в меньших пределах, чем ХЭВ и их уровень приблизительно одинаковый во всей акватории бухты (от 958,7 до 1320,8 мг/100 г возд.-сух. д. о.), что позволяет отнести донные осадки исследуемой бухты к III уровню загрязнения. Доля НУ от ХЭВ в среднем по бухте составила 24,4 %.

В кутовой части бухты Стрелецкая концентрация НУ была несколько выше, как и количество бактерий. Если сравнивать полученные результаты с предыдущими данными мониторинговых съёмов, то, в целом, можно говорить о некотором увеличении концентрации НУ, хотя их доля от ХЭВ осталась на том же уровне.

РЕКРЕАЦИОННОЕ ОСВОЕНИЕ БЕРЕГОВЫХ МОРФОСИСТЕМ КРЫМА

А.Ю.Санин, Е.И.Игнатов

*Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, г.Москва
eather86@mail.ru*

В настоящее время важнейшей задачей для экономики Крыма, России в целом, а также Украины после неизбежной нормализации отношений с Россией является строительство моста через Керченский пролив. Он придаст мощный импульс развитию транспортной, экономической, рекреационной сфер на полуострове, усилит его стратегическую безопасность. Даже при условии недопущении очередей на паромную переправу, время, которое затрачивается на дорогу в Крым на общественном (поезд, автобус) или личном автотранспорте, сократится на несколько часов; появится возможность увеличения количества прямых поездов.

В настоящее время строительство моста находится на завершающей проективной стадии, здесь объединили свои усилия ведущие научные, инженерные и строительные организации Крыма и России, в частности, Морской гидрофизический институт (Севастополь), Государственный океанографический институт в Москве и его вновь созданное севастопольское отделение [2, 3].

К настоящему времени из множества потенциальных проектов моста (большинство из которых проходили через косу Чушка) был выбран проходящий через Тузлинскую дамбу и о-в Тузла.

В связи с этим следует выделить ключевые проблемы, которые существенно замедляют и удорожают строительство моста, что позволяет частично ответить на вопрос, почему строительство моста затягивается, несмотря на готовность правительства России и частных инвесторов выделить необходимые средства (запуск моста планируется в 2018 г.):

- характер донных отложений Керченского пролива – их первые несколько десятков метров – представляют собой разновозрастную рыхлую довольно слабо сцементированную толщу;

- динамика берегов Тузлинской дамбы и о-ва Тузлы, по которым должен пройти мост. После строительства дамбы в 2003 г. о-в Тузла «потерял» несколько сот метров; зафиксировано смещение его обоих концов. Особенно сильная динамика характерна для черноморского берега о-ва Тузла, что связано со значительным волновым воздействием. Более того, участок берега к северу от мыса Ак-Бурун, на который будет выведен мост, является оползневым;

- наличие так называемого прорана – пролива между Тузлинской дамбой и о-вом Тузла, с сильными течениями и сложно предсказуемой динамикой, перехватывающего поток наносов на о-в Тузла, что в долгосрочной перспективе угрожает стабильности той части мостового перехода, которая пройдет по острову. Данная проблема тесно связана с предыдущей, являясь в некоторой мерой ее причиной. В связи с этим следует рассмотреть предлагаемые проекты полной ликвидации прорана и восстановления сплошного тела косы, которое существовал до 20-х гг. 20 в.;

- технологическая сложность строительства, связанная с размещением как автомобильного, так и железнодорожного перехода – оба остро необходимы полуострову;

- отсутствие подъездных путей, что вынудит, кроме моста, строить десятки километров дорог и сопутствующие инфраструктурные объекты для начала полноценного функционирования моста;

- политические риски, связанные с неопределенным до конца статусом Крыма;

- ледоход в Керченском проливе, повторяющийся с разной интенсивностью каждую весну, и получивший неофициальное название «ледовая река». Именно льды разрушили первый в истории мост

через Керченский пролив, существовавший во время Великой Отечественной войны;

– археологическая ценность территории, примыкающей к Павловскому мысу, около которого предполагается вывести мост на керченский берег, что несколько увеличивает длину моста.

Перечисленные проблемы при современном уровне развития науки и техники решаемы, но требуют к себе особого внимания, так как от успешности их решения зависит срок существования моста и степень удобства его эксплуатации; очевидно, что они существенным образом удлинляют как срок проективной стадии, так и срок непосредственного строительства моста.

1. *Шнюков Е.Ф. и др.* Геология шельфа УССР: Керченский пролив / Отв. ред. Д.Е.Макаренко.– Киев: Наукова думка, 1981.
2. *Строительство* транспортного перехода через Керченский пролив: технико-экономическое обоснование. Инженерно-геологические изыскания. Этап 1. Летний период. Этап 1.1: Подготовительные работы.– М.: ГОИН, 2014.– 121 с.
3. *Обработка* и анализ архивных и фоновых данных по Керченскому проливу и расчет параметров метеорологического форсинга для Черного и Азовского морей с повышенным разрешением в районе Керченского пролива / Отчет по договору № 1/1614-1 от 03.06.2014 г.– Севастополь: МГИ, 2014.– 91 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ЧЕРНОГО МОРЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

В.И.Рябушко

*Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского, г.Севастополь
rabushko2006@yandex.ru*

Прогресс в рациональном использовании живых морских ресурсов зависит, прежде всего, от развития аквакультуры и биотехнологий, направленных на производство пищевой продукции и биологически активных веществ (БАВ) из гидробионтов. Рассмотрим, какие массовые представители морской флоры и фауны Черного моря подходят для использования в качестве компонентов фармацевтической, пищевой, кормовой и технической продукции.

Биомасса медуз *Aurelia aurita* и *Rhizostoma pulmo* в Чёрном море оценивается более чем в 100 млн. т. Аминокислоты, обнаруженные в белках этих морских организмов, представлены, в основном, глутаминовой кислотой, треонином, аланином, пролином и валином (более 90%), а гликопротеин муцин является основным углеводом. Выделенный коллаген и фибриллин из желателых можно использовать в косметике и для макияжа. Коллаген применяют при лечении ожогов, в хирургии глаз, косметических изделиях, улучшающих эластичность кожи. Фибриллин из медузы рекомендуется в качестве важнейшего компонента из средств, предотвращающих старение кожи, как общеукрепляющее и тонизирующее средство для волос. Муцины могут быть включены в искусственные пищеварительные соки, слюну и глазные капли. В настоящее время медузы являются объектом экспериментальных исследований для поиска веществ, используемых в противоопухолевых и противодиабетических лекарственных средствах. Токсин, выделенный из медуз, прошел клинические испытания, и одобрен для лечения нервно-мышечных нарушений. Тем не менее, возможности получения БАВ из разных видов медуз всё ещё должным образом использованы.

Экстракты БАВ из оболочников значительно усиливают механизмы антиоксидантной активности и предотвращают рост и распространение экспериментальных опухолей. Этот факт показывает возможной потенциальной применимости БАВ оболочников в онкологии. Существует доказательство того, что некоторые виды оболочников являются источниками для производства ксантофиллов и некоторых других БАВ. Разработана специальная технология выращивания черноморского *Botryllus schlosseri* непосредственно в море, обеспечивающая выход 2 – 3 кг оболочников на 1 погонный метр фермерского коллектора.

Массовые рыб Черного моря – килька *Sprattus sprattus* и анчоус *Engraulis encrasicolus* – имеют высокое содержание липидов, в том числе ω -3 полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК). Из печени черноморской акулы разработан препарат Катранол, обладающий лечебно-профилактическими свойствами. Из отходов рыбного промысла разрабатываются экологически безопасные комплексные удобрения для сельского хозяйства.

Высокая биологическая ценность моллюсков *Mytilus galloprovincialis*, *Rapana venosa* и *Anadara inequivalvis* связана с их биохимическим составом, куда входят более 20 аминокислот, вклю-

чая незаменимые, ПНЖК в количестве 60% от общих липидов, витамины А, Е, РР и др., более 30 биогенных микро-и макроэлементов.

Диетическая добавка Raramid[®], изготовленная из мягких тканей мидии и рапаны, представляет собой смесь аминокислот и пептидов, ПНЖК, макро- и микроэлементов в биологически активной форме. Raramid[®] не имеет раздражающего и аллергенного эффекта. Во время гидролиза мягкая ткань распадается на аминокислоты и пептиды, которые легко усваиваются организмом человека. Ряд исследований подтвердили оздоровительное влияние гидролизата вследствие усиления иммунитета и сопротивляемости организма к воспалительным заболеваниям и физическим нагрузкам. Это пищевая добавка работает как антиоксидант и радиопротектор, улучшает функционирование сердечно-сосудистой и кроветворной системы, увеличивает выведение токсикантов и радионуклидов из организма человека. Raramid[®] эффективно усиливает сопротивляемость организма к неблагоприятным факторам окружающей среды, как внешних, так и внутренних, осуществляет профилактику заболеваний и повышает физическую и умственную работоспособности, тем самым улучшает качество жизни. Гидролизат из моллюсков является биопрепаратом для профилактики и лечения начальных стадий церебрального атеросклероза, особенно у лиц пожилого возраста. Клинические испытания показали, что потребление Raramid[®] улучшает у пациентов общее самочувствие, сон, память и координацию движений, снижает головную боль, головокружение, шум в голове, утомляемость, боли в суставах. Благоприятно воздействует на электрогенез и мозговое кровообращение.

В Черном и Азовском морях обитают более 2000 микроводорослей, которые представлены 9 отделами. Скрининг БАВ микроводорослей позволит определить спектр новых видов-источников природных антиоксидантов и пищевых красителей.

Бурые водоросли содержат биополимеры, применяемые в производстве нанобиокомпозитов. Так, средство медицинского назначения Argoderm[®] сочетает в себе два уникальных компонента: биополимеров морских водорослей и наночастиц серебра. Биополимеры синергетически усиливают активность наносеребра и высокую стабильность. Технология получения серебряных нанокомпозитов в матрице биополимеров морского происхождения лежит в основе

создания новых безопасных и эффективных лекарственных препаратов для человека и животных.

Таким образом, Чёрное море населено разнообразными растениями и животными, которые потенциально являются перспективным сырьем для производства БАВ. Однако это огромный ресурс остаётся практически не использованным, поскольку морские биотехнологии делают только первые шаги в этом направлении.

ПОСТУПЛЕНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С АТМОСФЕРНЫМИ ОСАДКАМИ НА ПОВЕРХНОСТЬ ЧЕРНОГО МОРЯ В 2010 – 2013 ГГ.

А.В.Вареник¹, О.Н.Козловская²

¹*Севастопольское отделение ФГБУ «Государственный океанографический институт им. Н.Н.Зубова», г.Севастополь*

²*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь*

Атмосферные осадки – один из основных компонентов водного баланса Черного моря. Поступление биогенных веществ с атмосферными осадками является значительным, но наименее изученным источником, играющих важную роль в процессах эвтрофикации Черного моря. Он действует не только вблизи урбанизированных и промышленных регионов на берегу моря, но и обеспечивает транспортировку и распределение веществ по всей поверхности Черного моря.

Основной целью данного исследования является оценка величин поступления биогенных веществ (азота, фосфора и кремния) с атмосферными осадками на поверхность Черного моря.

Методы. Эта работа является продолжением исследований, проводимых в 2004 – 2008 гг. [1 – 4]. Пробы атмосферных осадков отбирались в пгт.Кацивели (ЭО МГИ). Также фиксировались и метеорологические условия, при которых выпадали атмосферные осадки. Лабораторный анализ содержания биогенных веществ в атмосферных осадках осуществлялся в Морском гидрофизическом институте.

Результаты. Всего в период 2010 – 2014 гг. было отобрано 224 пробы атмосферных осадков, которые были проанализированы на содержание в них неорганического азота и фосфора, а также кремния.

Неорганический азот. Результаты химических анализов показывают, что в период с 2010 по 2014 гг. средняя концентрация неорганического азота соответствовала средней концентрации за 2004 –

2008 гг. и составила 1,41 мгN/л. Полученные данные не согласуются с данными [5] для о.Змеиный, в которой авторы отмечают рост концентрации неорганического азота в атмосферных осадках в период 2008 – 2010 гг. в 1,3 – 2 раза по сравнению с периодом 2004 – 2007 гг.

Приоритетными формами неорганического азота по-прежнему являются нитратный и аммонийный азот. При этом доля нитратного азота возросла, а аммонийного уменьшилась по сравнению с периодом 2004 – 2008 гг. и составила 68 и 31 % соответственно (53 и 45 % в 2004 – 2008 гг.). Максимальные значения нитратов и аммония были зафиксированы в августе 2012 и сентябре 2011 г. соответственно, минимальные – в июне и июле 2013 г.

Неорганический фосфор. Средняя концентрация неорганического фосфора в атмосферных осадках пгт.Кацивели составила 0,014 мг/л. При этом распределение концентрации по годам было достаточно равномерным, за исключением 2011 г., когда содержание фосфатов в пробах атмосферных осадков было примерно в 1,5 раза выше, чем в 2012 – 2013 гг.

Кремний. Минимальная концентрация кремния в атмосферных осадках наблюдалась в 2013 г. (среднегодовое значение 0,02 мг/л), максимальная – в 2012 г. (среднегодовое значение 0,11 мг/л). Средняя величина за период 2010 – 2013 гг. составила 0,06 мг/л.

Зависимость содержания биогенных элементов от метеоусловий. В целом характеристики метеоусловий в исследуемый период не отличаются от метеоусловий в 2004 – 2008 гг. Однако преобладающим направлением ветра, при котором выпадали осадки, было западное, в то время как в 2004 – 2008 гг. – юго-западное и северо-восточное.

В рассматриваемый период наблюдается уменьшение содержания биогенных элементов в атмосферных осадках при увеличении количества выпавших осадков. Также наблюдается обратная зависимость концентрации неорганического азота, фосфора и кремния в осадках и относительной влажности воздуха. Зависимость содержания биогенных элементов от скорости ветра описывается полиномом 3-ей степени.

Поток неорганического азота с атмосферными осадками изменялся от 372 до 540 мг/м²-год. Максимальный поток был в 2011 г. Все эти данные согласуются с известными литературными данными [6 – 8] и результатами, полученными в 2004 – 2008 гг. [1 – 4].

1. Чайкина А.В., Холопцев А.В. Особенности гидрохимического состава атмосферных осадков летнего периода 2004 г. в районе пос.Кацивели

- (Южный берег Крыма) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь, 2005.– вып.12.– С.215-219.
2. Чайкина А.В. Зависимость уровня загрязнения атмосферных осадков в районах п. Качивели и г. Севастополь от метеорологических параметров // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь, 2007.– вып.15.– С.132-138.
 3. Chaykina A.V., Dolotov V.V., Ilyin Yu.P., Kononov S.K., Kuznetsov A.S., Repetin L.N., Voitsekhovich O.V. Observational studies of nutrient loads on the Black Sea with atmospheric precipitations // Proc. 1st Biann. Scien. Conf. «Black Sea Ecosystem 2005 and Beyond».– Istanbul, Turkey, 2008.– P.199-210. [Электронный ресурс]: 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
 4. Вареник А.В. Пространственное распределение потока неорганического азота с атмосферными осадками на поверхность Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь, 2009.– вып.19.– С.395-400.
 5. Medinets S., Medinets V. Investigations of atmospheric wet and dry nutrient deposition to marine surface in western part of the Black Sea // J. Fish. Aquat. Sci.– 2012.– 12.– P.497-505.
 6. Beverland I.J., Crowther J.M., Srinivas M.S.N., et al. The influence of meteorology and atmospheric transport patterns on the chemical composition of rainfall in south-east England // Atmosph. Environ.– 1998.– № 32(6).– P.1039-1048.
 7. Padgett P.E., Minnich R.A. Wet deposition of nitrogenous pollutants and the effect of storm duration and wind direction: a case study from inland southern California // Water, Air, and Soil Pollution.– 2008.– № 187.– P.337-341.
 8. Салуквадзе М. Исследование влияния метеорологических, антропогенных и терригенных факторов на химический состав атмосферных осадков Восточной Грузии. [Электронный ресурс] Автореферат диссертации, 2006.– Режим доступа: <http://www.nplg.gov.ge/dlibrary/collect/0002/000159/Avtoreferati%20rus.pdf>

СЕКЦИЯ 3

Современное состояние и перспективы развития спутниковых систем мониторинга районов с высоким ресурсным потенциалом в условиях проявления экстремальных природно-климатических и антропогенных факторов

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПАРАМЕТРОВ МОРСКОЙ СРЕДЫ В ШЕЛЬФОВО-СКЛОНОВОЙ ЗОНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ НА ПОДСПУТНИКОВОМ ПОЛИГОНЕ ИО РАН

А.Г.Зацепин¹, Б.В.Дивинский², С.Б.Куклев², В.Б.Пиотух¹,
О.И.Подымов², А.Г.Островский¹, К.П.Сильвестрова¹,
А.А.Кубряков³, Д.М.Соловьев³, С.В.Станичный³

¹*Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН, г.Москва*
zatsepin@ocean.ru

²*Южное отделение Института океанологии им. П.П.Ширшова РАН,*
г.Геленджик

³*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь*

Представлены некоторые результаты исследования гидрофизических процессов на шельфе и континентальном склоне Черного моря на экспериментальном морском полигоне (10 × 15 км²) в районе г.Геленджик, предназначенном для перманентного автоматического мониторинга и изучения состояния водной среды. На этом полигоне размещены автономные измерительные системы (донные станции с акустическими доплеровскими профилографами течений (ADCP), заякоренные термокосы, зонды-профилографы «Аквалог» на заякоренных буйковых станциях), которые обеспечивают систематическое получение гидрофизических данных с высоким пространственно-временным разрешением. Кроме того, на акватории полигона проводятся регулярные судовые исследования, включающие в себя CTD-съемки и буксировки ADCP для дополнительного исследования изменчивости гидрологической структуры и поля течений, соответственно. Натурные исследования сопровождаются анализом спутниковых изображений в инфракрасном и оптическом диапазонах спектра. Получаемые данные используются для исследования характеристик и механизмов формирования изменчивости морской среды, явлений апвеллинга – даунвеллинга, водообменных процессов в системе «шельф – глубоководный бассейн, для калиб-

рации спутниковых измерений, верификации результатов численного моделирования циркуляции вод.

Установлено, что субмезомасштабная (1 – 10 км) и короткопериодная (1 – 100 часов) изменчивость динамики вод на узком шельфе Черного моря в районе г.Геленджика в значительной степени связана с формированием и перемещением вдоль берега шельфовых вихрей (циклонов и антициклонов), диаметр которых обычно не превышает 6 – 10 км. Эти субмезомасштабные вихри не являются квазигеострофическими, и время их жизни не превышает нескольких суток, поэтому их можно считать диссипативными динамическими структурами. Они осуществляют водообмен поперек шельфа, способствуя очистке прибрежной зоны от естественного и антропогенного загрязнения. Циклонические субмезомасштабные вихри в своей центральной части производят интенсивный локальный апвеллинг, способствующий подъему фитопланктона из области термоклина в поверхностный слой моря, благодаря чему эти вихри проявляются на спутниковых изображениях в виде пятен повышенной концентрации взвеси и хлорофилла *a*, а также пониженной температуры.

Показано, что прибрежный апвеллинг – даунвеллинг может быть обусловлен как ветровым воздействием, так и изменчивостью поля течений, не связанной напрямую с изменчивостью поля ветра. Однако события наиболее интенсивного прибрежного апвеллинга – даунвеллинга, как правило, наблюдаются при штормовых условиях и генерируются экмановским переносом в верхнем слое моря, направленным от берега или, на берег, соответственно.

Исследования выполняются в рамках соглашения № 14.BBV.21.0133 с Минобрнауки РФ, а также грантов РФФИ № 13-05-41450 и 14-05-00159.

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА МЕЖГОДОВУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКОСИСТЕМЫ ЧЕРНОГО МОРЯ

А.А.Кубряков¹, С.В.Станичный¹, А.Г.Зацепин²

¹*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь*

²*Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН, г.Москва*

В работе на основе спутниковых измерений концентрации хлорофилла А спутников MODIS и SeaWiFS и данных альтиметрических спутников исследуется влияние динамических процессов на межгодо-

вую изменчивость характеристик экосистемы Черного моря. Проведенный анализ показал, что в 2002 – 2003 гг. произошло значительная интенсификация течений в бассейне, связанная с резким увеличением интегральной завихренности ветра. В это же время в центральной части бассейна значительно снизились концентрации хлорофилла А. Для объяснения этого эффекта в работе по данным спутниковой альтиметрии с помощью алгоритма автоматической идентификации вихрей была рассчитана межгодовая и сезонная изменчивость количества и энергии вихрей в бассейне. Показано, что увеличение кинетической энергии течений привело к снижению вихревой активности, и, следовательно, к уменьшению горизонтального обмена между богатой питательными веществами шельфовой зоны и центральной зоны бассейна. Уменьшение горизонтального транспорта привело к значительному снижению наблюдаемых значений хлорофилла А, в центральной части бассейна. В то же время в прибрежной зоне концентрация хлорофилла возросла, поскольку отток биогенов уменьшился. Концентрации хлорофилла также значительно возросла в южных прибрежных районах бассейна, как следствие интенсификации переноса Дунайских вод течениями вдоль континентального склона.

ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ПРОГРАММЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА РОССИЙСКОГО СЕКТОРА ЧЕРНОГО МОРЯ

О.Н.Ясакова¹, В.С.Бердников², С.В.Станичный³

¹*Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г.Ростов-на-Дону*

²*ФГБУ «АМП ЧЕРНОГО МОРЯ», г.Новороссийск*

³*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь*
yasak71@mail.ru

В последние десятилетия применение космических технологий успешно используется как техническое средство наблюдения за процессами антропогенного воздействия в российском секторе Черного моря. Под эгидой Комиссии по защите Черного моря и сотрудничеству сторонами Бухарестской конвенции в 2009 г. принят стратегический план действий по сведению к минимуму загрязнения моря нефтью Strategic Action Plan (SAP), действующим инструментом которого стала программа MONINFO, основанная на применении спутниковых технологий обнаружения поверхностных загрязнений моря нефтью. При этом, с опережением инициативы Евросоюза,

Российской Федерацией с июля 2008 г. с участием оператора сервиса предоставления спутниковых данных ИТЦ «СКАНЭКС» и ФГБУ «АМП Черного моря», имеющего доступ к операционной системе позиционирования судов (АИС), успешно осуществляется комплексный пионерный проект «Мониторинг нефтяных загрязнений Черного моря и экологической безопасности мореплавания в районах интенсивного судоходства в Керченском проливе, акватории порта Новороссийск и на подходных путях к нему» [1].

В результате внедрения спутниковых технологий открылись дополнительные возможности при решении следующих задач:

- 1) выявления судов, причастных к несанкционированным сбросам нефтесодержащих вод, – нарушителей конвенционных требований по безопасности мореплавания и охраны окружающей среды;
- 2) технической поддержки при планировании и проведении операций в поисково-спасательных районах Российской Федерации, в том числе в отношении судов, не подающих радиосигналы;
- 3) мониторинг зон интенсивного судоходства.

Одной из задач экологического мониторинга, осуществляемых сотрудниками Южного научного центра РАН в российском секторе Черного моря, является своевременное обнаружение и диагностика «цветений» морской воды, вызванных развитием потенциально токсичных видов водорослей, в том числе и наиболее опасных, завезенных с водяным балластом судов. С расширением возможностей и доступности космических информационных систем для расчета первичной продукции различных районов Черного моря широко используется способ измерения концентраций хлорофилла по спутниковым наблюдениям (Marine Portal МНН NASU Remote Sensing Department, система доступа <http://dvs.net.ua/mp>).

Благодаря своевременному получению космоснимков в марте 2008 г. впервые в северо-восточной части Черного моря удалось зафиксировать «красный прилив», вызванный развитием вида динофитовых водорослей *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Balech [2, 3]. Сделанные в это время над прибрежной частью Черного моря оптические снимки MODIS помогли детально проследить пространственное и временное распространение «цветущих» вод (веб-интерфейс информационной системы ИТЦ «СКАНЭКС»). Полученные результаты корректировали с картами хлорофилла, демонстрируемыми в это же время датчиками Aqua/MODIS.

В 2012 г. оперативные наблюдения за оптическими свойствами

поверхностного слоя Чёрного моря, проводимые в МГИ НАНУ, и регулярные исследования фитопланктона, выполняемые сотрудниками ЮНЦ РАН в северо-восточной части Чёрного моря, позволили детектировать аномальное по интенсивности и продолжительности (май – июль) «цветение» воды [4]. Оно было вызвано массовым развитием нанопланктонного вида кокколитофорид *Emiliania huxleyi* (Lohmann) W.W. Hay & H.P. Mohler. Такой продолжительности и интенсивности цветения кокколитофорид в Чёрном море в «спутниковую эру» (15 лет) ещё не наблюдали.

1. Бердников В.С., Фляун М.Г., Ясакова О.Н. Некоторые результаты спутникового мониторинга нефтяных загрязнений российского сектора Черного моря // XIX Междунар. конф. «Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии и геоэкологии – 2011». (Абрау-Дюрсо, 12-16 сентября 2011 г.).– 2011.– С.65.
2. Ясакова О.Н., Бердников В.С. Необычное цветение воды в результате развития динофитовой водоросли *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Balech. в акватории Новороссийской бухты Черного моря в марте 2008 года // Морской экологический журнал.– 2008.– Т.VII, № 4.– С.98.
3. Ясакова О.Н. Некоторые результаты экологического мониторинга морской среды в северо-восточной части Черного моря с использованием спутниковых информационных систем // Безопасность в техносфере.– 2010.– 1 (22).– С.3-7.
4. Ясакова О.Н., Станичный С.В. Аномальное цветение *Emiliania huxleyi* (Prymnesiophyceae) в 2012 году в Черном море // Морской экологический журнал.– 2012.– Т.XI, № 4.– С.54.

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОДСПУТНИКОВОМ ПОЛИГОНЕ

А.В.Гармашов, А.И.Коровушкин, А.Б.Полонский, Ю.Н.Толокнов

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
ant.gar@mail.ru, sevdon@bk.ru, apolonsky5@mail.ru, toyur@yandex.ru

Важность гидрометеорологического мониторинга в прибрежных районах моря обусловлена рядом причин. Во-первых, в прибрежных районах моря, как правило, часто повторяются опасные гидрометеорологические явления, которые наносят большой экономический ущерб и самое главное – уносят жизни людей (штормовые ветра, экстремальные волны). Все эти процессы являются следствием погодных явлений. Таким образом, оперативные наблюдения за

метеорологическими параметрами и высотами волн являются необходимыми составляющими гидрометеорологического мониторинга. Во-вторых, оперативные гидрометеорологические наблюдения в таких районах служат источниками данных для численных и статистических прогнозов погоды, верификации данных различных реанализов и спутниковых измерений. И, наконец, в-третьих, прибрежные экологические регионы являются уникальными природными объектами. Разумеется, природоохранные мероприятия, а также использование рекреационных ресурсов этих районов требуют гидрометеорологических изысканий.

Цель настоящей работы состояла в создании базы данных непрерывных рядов гидрометеорологических параметров и последующем комплексном анализе временной изменчивости измеряемых на стационарной океанологической платформе (СОП) величин.

В работе использовались данные специализированных наблюдений в рамках проектов «ПОЛИГОН» и «ПОЛИГОН-2» на стационарной океанографической платформе экспериментального отделения (ЭО) МГИ, расположенной в пгт.Кацивели. В период с июня 2012 г. по апрель 2013 г. и с октября по декабрь 2013 г. проводился мониторинг гидрометеорологических параметров с использованием созданного в институте специализированного комплекса для сбора и хранения данных [1], получаемых в автоматическом режиме.

По результатам проведенного гидрометеорологического мониторинга в 2012 – 2013 гг. на СОП в пгт.Кацивели можно сформулировать следующие выводы:

- средние значения температуры воздуха и моря в пределах ошибок удовлетворяют опубликованным значениям, максимальные и минимальные температуры воздуха и воды, отмеченные для данного региона в [2, 3], достигнуты не были;

- среднемесячные величины измеренного атмосферного давления характеризуются немного заниженными величинами (до 3 гПа) по сравнению со значениями, полученными в [2];

- среднемесячная относительная влажность воздуха в пределах ошибок соответствует величинам работ [2, 3];

- среднемесячные скорости ветра, полученные в данной работе, хорошо согласуются со среднеклиматическими величинами модуля скорости ветра, полученные в [2, 4].

- максимальная скорость ветра была зарегистрирована в марте и составляла 37,9 м/с;

– наибольшую повторяемость (40 – 69 %) имеют слабые ветра (до 5 м/с);

– ветра С румба являются доминирующими для всех групп скоростей ветра;

– слабое волнение ($h = 0,1 - 0,25$ м) чаще всего наблюдалось в летние месяцы (68 %), умеренное волнение ($h = 0,25 - 0,75$ м) доминирует с ноября по март, повторяемость данного типа волнения составляет более 63 %;

– наименьшие средние высоты волн наблюдались летом (0,15 – 0,22 м), в зимние месяцы средние высоты волн составляли 0,5 м;

– максимальная высота волны, измеренная на СОП в 2012 – 2013 гг., составляла 6,4 м (декабрь).

Подробно результаты измерений изложены в [5].

1. *Толокнов Ю.Н., Коровушкин А.И.* Система сбора гидрометеорологической информации // Системы контроля окружающей среды.– Севастополь: МГИ НАН Украины, 2010.– вып.10.– С.50-53.
2. *Проект «Моря СССР»*, гидрометеорология и гидрохимия морей СССР, Черное море. Том 4, Вып.1.– СПб: Гидрометеоиздат, 1991.– 430 с.
3. *Справочник по климату Черного моря* / Под ред. А.И.Сорокиной.– М.: Гидрометеоиздат, 1974.– 406 с.
4. *Полонский А.Б., Фомин В.В., Гармашов А.В.* Характеристики ветрового волнения Черного моря // Докл. НАН Украины.– 2011.– № 8.– С.108-112.
5. *Мониторинг прибрежной зоны на Черноморском экспериментальном подспутниковом полигоне* / Под ред. В.А. Иванова, В.А. Дулова.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014.– 526 с.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ БЛОКИНГОВ И ИХ СВЯЗЬ С ПРИЗЕМНЫМИ ПОЛЯМИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ОСАДКОВ В ЕВРОПЕЙСКОМ РЕГИОНЕ

Д.В.Башарин¹, Г.Станкунавичюс², А.Б.Полонский¹

¹*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь*

²*Вильнюсский университет, г.Вильнюс*

Атмосферное блокирование, это ситуация, когда типичный зональный атмосферный перенос сменяется меридиональной формой циркуляции. Блокинги сопровождаются интенсивными аномалиями в полях приземной температуры воздуха и осадков, которые имеют принципиально разный характер в зимний и летний периоды и существенно влияют на ресурсный потенциал Европейского региона.

Хорошо известно, что события блокирования продолжительностью от нескольких суток до нескольких недель являются причиной аномально холодных зим (например, в 1962 – 1963 и 2009 – 2010 гг. в Европейском регионе) и аномально жарких погодных условий летом (например, 2010 г. в центральных частях Европейской территории России – ЕТР). В настоящей работе рассмотрены блокинги в холодный период года (с 22 ноября по 31 марта) в Атлантико-Европейском регионе и их влияние на приземные поля температуры воздуха и осадков в Европейском регионе, включая регион Черного моря, с использованием данных самого длительного ре-анализа (20th Century Reanalysis, 20CR). Обнаруженные значимые низкочастотные периодичности и связи между приземными аномалиями гидрометеорологических полей и процессами блокирования в атмосфере могут приводить к улучшению предсказуемости регионального климата.

Для идентификации событий блокирования был рассчитан соответствующий индекс по методике, предложенной Тибальди и Молтени. Согласно этой методике, идентифицируется относительная частота меридиональных форм атмосферной циркуляции на основе ежесуточной широтной разницы геопотенциальных высот 500 гПа для каждой долготы и каждого холодного сезона с 1871 по 2010 гг.:

$$GHGS = [Z(\varphi_0) - Z(\varphi_S)] / (\varphi_0 - \varphi_S), GHGN = [Z(\varphi_N) - Z(\varphi_0)] / (\varphi_N - \varphi_0),$$

где $\varphi_N = 80^\circ$ с.ш. + Δ , $\varphi_0 = 60^\circ$ с.ш. + Δ , $\varphi_S = 40^\circ$ с.ш. + Δ .

При этом $\Delta = -5^\circ, 0^\circ, 5^\circ$. Долгота λ считается блокирующей в один срок, в случае, когда, по крайней мере, для одной Δ выполняются оба критерия: $GHGS > 0$, $GHGN < 10$ м/°широты.

Временные ряды индекса предварительно сглаживались пятидневным скользящим фильтром для выделения достаточно продолжительных блокирующих эпизодов.

Анализ изменчивости полученного индекса блокирования показал, что в Северной Атлантике (в полосе долгот 60 – 20 з.д.) он характеризуется значимым влиянием Североатлантического и Атлантического мультideкадного колебаний. Изменчивость этого индекса проявляется в изменениях приземной температуры воздуха и осадков в Европейском регионе. В среднем за период с 1871 по 2010 гг. по всем долготам в Атлантико-Европейском регионе наблюдалась следующие зависимости. Рост частоты дней с блокированием приводит к похолоданию над большей частью западной, центральной Европы, Средиземного моря и потеплению над севером Скандинавии и Исландией. При этом наблюдается также значимое уменьше-

ние осадков над ЕТР и северо-западом Европы, за исключением севера Скандинавии.

Региональное влияние ситуаций блокирования характеризуется очень большой пространственной неоднородностью в Европейском регионе в зависимости от долготы, где происходит блокирование. К значимому понижению температуры воздуха на юге России приводят блокинги, происходящие в полосе долгот от 10 в.д. до 30 з.д. К повышению осадков в Крыму приводят блокинги в полосе долгот 70 – 50 з.д., в то время как блокинги в полосе долгот 30 – 50 в.д., напротив, приводят к засушливым условиям на юге России и ЕТР.

КЛИМАТОЛОГИЯ ЦИКЛОНОВ И АНТИЦИКЛОНОВ В ЧЕРНОМОРСКО-СРЕДИЗЕМНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ ПО ДАННЫМ РЕАНАЛИЗА NCEP/NCAR

Е.Н.Воскресенская, В.Н.Маслова, О.Ю.Коваленко

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
kovalenko_olga89@mail.ru*

Одной из основных целей последних исследования является исследование изменчивости и изменений климата, ключевым индикатором которых в средних широтах является циклоническая и антициклоническая активность. Данные современных глобальных реанализов, характеризующиеся более детальным пространственным разрешением, позволяют изучать долгосрочные изменения циклонических и антициклонических параметров в различных регионах, включая Средиземноморский и Черноморский регионы.

Целью настоящего исследования является анализ типичных климатических характеристик частоты циклонов и антициклонов в Черноморско-Средиземноморском регионе и их изменений за период 1951 – 2012 гг.

Данные и методика. В данной работе использовались ежедневные поля геопотенциальной высоты 1000 гПа (в синоптические сроки: 00, 06, 12, 18 GMT) из массива глобального реанализа NCEP/NCAR, пространственное разрешение которого составляет 2,5°×2,5°. Исследуемые регионы ограничены следующими координатами: 37,5° – 50° с.ш., 27,5° – 45° в.д. для Черноморского региона, 35° – 47° с.ш. и 6° з.д. – 8° в.д. для западной части Средиземноморского региона и 29° – 41° с.ш. и 14° – 38° в.д. для восточной части Средиземноморья. Частота циклонов и антициклонов определялась по

специальной методике Бардина М.Ю. (1995). Для сравнения результатов в разных регионах полученные величины повторяемости приводились к 10^6 км^2 .

Результаты. Наибольшая частота циклонов ($> 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ км}^2$) наблюдается в восточной части Средиземноморского региона в зимний период и в Черноморском регионе весной, при этом минимальная частота ($0,012 \cdot 10^{-6} \text{ км}^2$) обнаруживается в восточной части Средиземноморья в летний период. Дисперсия частоты циклонов в Черноморском регионе примерно в два раза больше, чем в Средиземноморском и находится в диапазоне от 0,02 летом до $0,043 \cdot 10^{-6} \text{ км}^2$ зимой.

Максимальные величины среднемноголетней частоты антициклонов наблюдаются в Черноморском регионе ($0,11 \cdot 10^{-6} \text{ км}^2$) и в западной части Средиземноморского региона ($0,08 \cdot 10^{-6} \text{ км}^2$) в летний период, при этом в восточной части Средиземноморья – весной ($0,11 \cdot 10^{-6} \text{ км}^2$). Наибольшие величины стандартного отклонения повторяемости за период 1951 – 2012 гг. отмечались зимой в Черноморском регионе и летом в обеих частях Средиземноморского региона.

Линейные тренды частоты циклонов в Черноморско-Средиземноморском регионе, в основном небольшие и незначимые. Отрицательные тренды частоты циклонов значимы на более чем 99 % уровне и характерны для зимы и весны в Черноморском регионе. Отрицательные тренды значимые на более чем 80 % уровне обнаруживаются весной в восточной части Средиземноморья и осенью в Черноморском регионе.

Положительные линейные тренды частоты антициклонов обнаруживаются в зимний и весенний периоды в Черноморском регионе, при этом летом наблюдается отрицательный тренд. Восточная часть Средиземноморского региона характеризуется значимыми отрицательными трендами повторяемости во все сезоны года, однако в его западной части коэффициент линейного тренда значимо увеличивается в зимний сезон и уменьшается летом и осенью.

Выводы. Климатический анализ повторяемости циклонов и антициклонов в Черноморско-Средиземноморском регионе за 62-летний период позволил получить следующие результаты.

Восточная и западная части Средиземного моря характеризуются зимним максимум частоты циклонов, при этом в Черноморском регионе максимум наблюдается весной. Минимум частоты циклонов обнаруживается летом во всем Черноморско-Средиземноморском регионе. Дисперсия частоты циклонов в Черноморском регионе в

два раза выше, чем в Средиземноморском регионе.

Максимумы частоты антициклонов в течение 1951 – 2012 гг. обнаруживаются в Черноморском регионе и западной части Средиземноморского региона летом, в восточной части Средиземноморья – весной.

Линейные тренды частоты циклонов в обеих частях Средиземноморья невелики и не достигают 85 % уровня значимости. В Черноморском регионе линейные тренды также невелики, но значимы во все сезоны.

За рассматриваемый период повторяемость антициклонов летом в Черноморском регионе характеризуется отрицательными линейными трендами, а в зимний и весенний сезоны – положительными. При этом отрицательные линейные тренды обнаруживаются в восточной части Средиземноморского региона во все сезоны. В западной части Средиземноморья положительные линейные тренды наблюдаются зимой, а отрицательные – летом и осенью.

1. Бардин М.Ю. Изменчивость характеристик циклоничности в средней тропосфере умеренных широт Северного полушария // Метеорология и гидрология. – 1995. – № 11. – С.24-37.

ВОСТОЧНОАТЛАНТИЧЕСКОЕ КОЛЕБАНИЕ И ЕГО РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ ЗИМНИХ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ЕВРОПЕЙСКОМ РЕГИОНЕ

Н.В.Михайлова, Е.Н.Воскресенская

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь

В работе рассматривается влияние Восточноатлантического колебания (ВАК) на зимние агроклиматические условия Европейского региона. Показано, что зимой положительная фаза ВАК ассоциируется с повышенными температурами воздуха в Европе (среднемесячные аномалии достигают +5,0 °С, средние за зиму + 3,5 °С), отрицательная фаза ВАК сопровождается понижением температуры воздуха в Европейском регионе на 0,5 – 1,5 °С относительно климатической нормы. При этом на севере Западной Европы количество осадков в положительную (отрицательную) фазу ВАК возрастает (уменьшается) и заметно уменьшается (увеличивается) в странах Черноморского региона (Румынии, Болгарии, Турции). Сигнал ВАК регулирует изменение скорости ветра в тропосферной струе над умеренными широтами Северной Атлантики и, таким образом, ока-

зывает влияние на частоту и интенсивность циклонов в Европейском регионе в зимний период.

По результатам корреляционного и факторного анализа получены оценки влияния ВАК на изменение урожайности ряда сельскохозяйственных культур.

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Е.В.Вышкваркова

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
aveiro_7@mail.ru*

Крымский п-ов, несмотря на небольшую территорию, отличается разнообразным климатом – степной, горный и климат Южного берега Крыма. Для каждого типа климата характерны свои особенности: режим осадков, температуры и других гидрометеорологических параметров. К одному из наиболее важных параметров относятся осадки, так как объемы их выпадения чрезвычайно важны для рационального развития сельского хозяйства, наличия пресной воды, а их экстремальные величины могут приводить к большим социальным и экономическим потерям. В то же время, Крымский п-ов представляет собой всемирно известную зону рекреации и туризма.

Поэтому **целью** работы является получение количественных характеристик экстремальных осадков на территории Крымского полуострова на основе данных наблюдений за период 1951 – 2009 гг. В работе использованы данные стандартных наблюдений за атмосферными осадками суточного разрешения, взятые с 18 гидрометеорологических станций Крыма.

Методы. В работе использовано два метода: метод индекса концентрации [1], оценивающий вклад интенсивных осадков в их общее количество (неравномерность осадков) и метод индексов экстремальных осадков [2]. Кроме этого в работе применены методы математической статистики, композитный и регрессионный анализ.

Результаты. *Неравномерность осадков.* Для среднегодовых величин индекса концентрации на территории Крыма характерно следующее распределение, приведенное на рис.1. Минимальные значения неравномерности осадков типичны для юго-западной части, приуроченной к району Севастополя, а также для территории Кер-

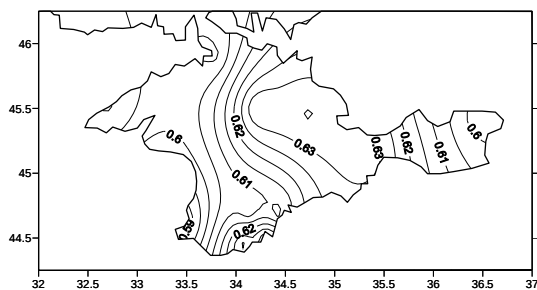


Рис.1. Пространственное распределение среднегодовых величин индекса концентрации.

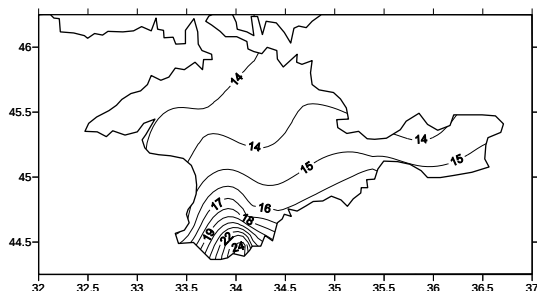


Рис.2. Пространственное распределение среднегодовых значений уровня экстремальных осадков (95 процентиль).

ченского п-ова. Максимум индекса концентрации приходится на горную часть полуострова и его северо-восточные местности.

Для зимнего сезона характерен наибольший градиент индекса концентрации. Исключая районы Феодосии и Крымских гор, на территории Крымского п-ова индекс концентрации составляет меньше 0,6. Весной значения, превышающие средние для территории Крыма величины, типичны для центральной части полуострова и ЮБК. Летний сезон характеризуется наибольшими значениями неравномерности осадков со средней величи-

ной 0,63. Осень также характеризуется высокими значениями неравномерности осадков, за исключением районов Севастополя и Керчи.

Экстремальные осадки. В качестве характеристики экстремальных осадков рассмотрен уровень осадков, превышающий 95 процентиль (индекс R95). Для года в целом и всех сезонов кроме летнего характерно увеличение уровня с севера на юг, с максимумом в горном районе (рис.2). Летом уровень экстремальных осадков распределен равномерно по территории полуострова со средними значениями 24,5 мм/сутки.

Таким образом, в работе проведен анализ неравномерности выпадения осадков и уровня экстремальных осадков на территории Крымского п-ова, и получено что неравномерность выпадения суточных осадков наибольшая в горных районах и на северо-востоке полуострова, а уровень экстремальных осадков увеличивается с севера в южном направлении за исключением летнего сезона.

1. *Martin-Vide J.* Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain // *Int. J. of Clim.*– 2004.– V.24.– P.959-971.
2. *Peterson T.C., Folland C., Gruza G. et al* Report on the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998 – 2001 / *World Climate Data and Monitoring Programme.*– 2001.– V.47.– 143 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕРИДИОНАЛЬНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ И ПЕРЕНОСОВ ТЕПЛА В СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКЕ ПО ДАННЫМ КОНТАКТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

С.Б.Крашенинникова

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
svetlanabk@mail.ru*

Одним из главных механизмов, посредством которых океан влияет на формирование глобальной климатической системы, является перенос тепла океаническими течениями [1]. Особенно важен меридиональный перенос тепла (МПТ) в тропических и субтропических широтах, поскольку за счет МПТ в системе океан-атмосфера происходит уменьшение термических контрастов между высокими и низкими широтами, а на океанический МПТ приходится основная доля суммарного переноса тепла в этой широтной полосе. Величина МПТ существенным образом зависит от вертикальной структуры меридиональной циркуляции (МЦ). Изменчивость интенсивности МЦ в Атлантическом океане в значительной степени регулирует низкочастотную изменчивость системы океан-атмосфера Атлантико-Европейского региона [2]. Корректное моделирование глобального климата и его изменений требует точного знания средних величин МЦ и МПТ в океане и тенденций их изменений. Значительное увеличение количества данных контактных наблюдений за последние десятилетия и использование единой методики прямых вычислений позволяет уточнить средние оценки меридиональной циркуляции и переносов тепла в Северной Атлантике, а также проанализировать их изменчивость на разных пространственно-временных масштабах.

Цель работы: выявление особенностей пространственно-временной изменчивости меридиональной циркуляции и переносов тепла в Северной Атлантике по данным контактных наблюдений, полученным за последние ~ 60 лет.

Материалы и методика. Оценка средних МЦ и МПТ, а также их изменчивости на внутритродовом, синоптическом, межгодовом и

междекадном масштабах производилась по данным гидрологических разрезов *WOCE* за 1992 – 1998 гг., данным Мирового банка океанографических данных (*WODB*) за 1950 – 2010 гг., данным автономных буйковых станций *WOCE* за 1988 – 1995 гг. и *RAPID* за 2004 – 2006 гг. А также для сравнительного анализа привлекались систематизированные оценки МЦ и МПТ и их отдельных компонент разных авторов, полученные за последние ~ 60 лет. Работа выполнялась на основе традиционных принципов и методов классической океанографии. К ним относятся: прямой метод расчета интегральных меридиональных переносов массы/тепла, динамический метод расчета течений, гармонический и дисперсионный анализы.

Основные результаты и выводы работы:

- Систематизированы средние оценки интегральных меридиональных переносов массы (тепла), полученные прямым методом на основе использования контактных данных наблюдений за последние ~ 60 лет, и уточнены положения их максимумов в Северной Атлантике. Максимального значения интегральный МПТ достигает в Субтропической Атлантике и $\sim 1,38 \pm 0,19$ ПВт.

- Получена уточненная оценка вклада различных механизмов в интегральный МПТ Субтропической Атлантики. Вклад переноса тепла, обусловленный квазистационарной меридиональной циркуляцией ~ 90 %, вклад переносов тепла, связанных с нестационарными эффектами (обусловленными корреляциями скорости и температуры на сезонном (3 %), синоптическом (1 %) и сезонно-синоптическом (< 1 %) масштабах) составляет не более 5 % интегрального МПТ. Вклад вихревых переносов тепла в западном погранслое может достигать ~ 10 % интегрального меридионального теплопереноса.

- Выявлены особенности внутригодового цикла интегрального МПТ, а также течений северо-западной части ССАК, на основании обобщенных оценок разных авторов и собственных расчетов, выполненных по длительным рядам данных контактных наблюдений. В Тропической и Субтропической Атлантике внутригодовой цикл интегрального МПТ и расходов течений описывается суперпозицией годовой и полугодовой гармоник. В отдельных районах океана не менее важны вихревые переносы синоптического масштаба. Установлено, что межгодовая изменчивость расхода ФТ проявляется как в межгодовых вариациях текущих среднегодовых значений его расходов, так и в вариациях амплитуд годовой и полугодовой гармоник.

- На основе сравнительного анализа интегральных меридиональных переносов массы (тепла), полученных по собственным расчетам и оценкам разных авторов, выявлен типичный период изменчивости тепломассопереносов в Субтропической Атлантике ~ 50 – 70 лет.

1. Полонский А.Б. Роль океана в изменениях климата.– Киев: Наукова думка, 2008.– 184 с.
2. Bryden H.L., Longworth H.R., Cunningham S.A. Slowing of the Atlantic meridional overturning circulation at 25°N // Nature.– 2005.– 438.– P.655-657. doi:10.1038/nature04385

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ПРОЗРАЧНОСТИ МОРСКОЙ ВОДЫ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕТОДОМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

А.С.Лубков, Е.Н.Воскресенская, А.С.Кукушкин

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
andrey-ls@bigmir.net*

Прозрачность воды может служить хорошим индикатором распространения загрязненных береговых стоков в море из-за больших различий в концентрациях взвешенных и растворенных веществ в этих стоках и морской воде, сохраняющихся на значительных удалениях от берега [1]. Поэтому изучение прозрачности вод в прибрежной и шельфовой зонах Черного моря в условиях их прогрессирующего загрязнения и эвтрофикации представляет несомненный интерес.

Немногочисленные данные по прозрачности вод в северо-западной части моря не позволили с достаточной степенью достоверности рассмотреть ее межгодовую изменчивость [2]. Компенсировать их отсутствие возможно расчетным путем с использованием модельных расчетов.

В работе использовались среднемесячные данные измерений глубины видимости диска Секки в придунайском районе Черного моря в течение 1963 – 2000 гг. В связи с нерегулярностью проведения экспедиционных работ в рядах данных встречаются пропуски. Поэтому для установления закономерностей формирования аномалий оптических характеристик необходимо иметь непрерывные ряды данных. Для этого была предпринята попытка восстановить ряд на основе имеющихся данных. В качестве предикторов использовались климатические сигналы системы океан-атмосфера и их безразмерные индексы, представляющие нормированные разности атмо-

сферного давления в специфических регионах: NAO (североатлантическое колебание), АО (арктическое), ЕА (восточноатлантическое), ЕА/WR (осцилляция между восточной Атлантикой и западной частью России), SCAND (скандинавское), Р/Е (полярно-евразийское), PNA (тихоокеанско-североамериканское), WP (колебание на западе Тихого океана), SOI (Южное колебание) и PDO (тихоокеанская декадная колебание).

Для восстановления данных использовалась *однонаправленная гетероассоциативная однослойная нейронная сеть* (НС) с учителем, нейроны которой представлены персептронами [3]. Обучение НС осуществлялось методом обратного распространения ошибки. Функция активации нейронов представлена сигмоидальной биполярной: $f(x) = \tanh(\beta x)$.

Восстановление данных по прозрачности воды проводилось для месяцев, в достаточной степени обеспеченных данными (рис.1).

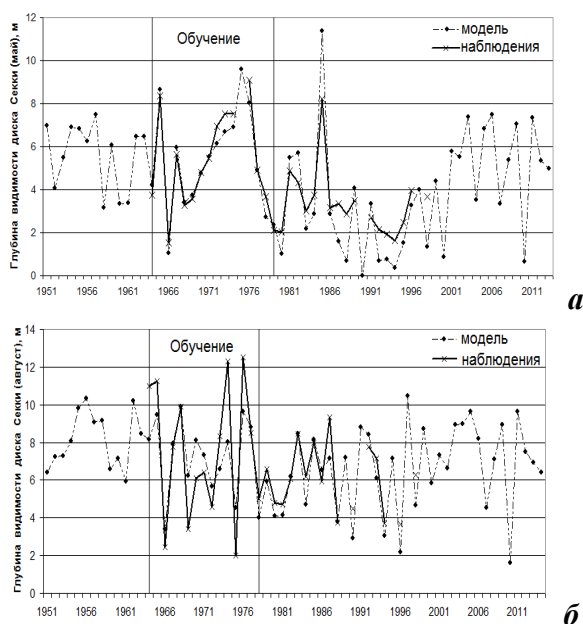


Рис.1. Межгодовые изменения средне-
месячной наблюдаемой (—) и восстано-
вленной (- - -) глубины видимости диска Секки в
мае (а) и августе (б).

Таблица 1. Оценка результатов моделирования.

месяц	коррел. тест	длина ряда тес- товой выборки	коррел. обучение	длина ряда обу- чающей выборки	СКО модели	коррел. с хлорофиллом (1998 – 2010 гг.)
май	0,94	17	0,97	15	1,44	– 0,41
август	0,90	16	0,84	15	1,06	– 0,62
сентябрь	0,94	15	0,91	13	1,21	– 0,27

Поскольку восстановление проводилось по данным в диапазоне с 1963 по 2000 гг., то промежутки с 1950 по 1962 и с 2001 по 2013 гг., для которых данные наблюдений отсутствовали, следует проверить. В работе [4] показана тесная связь между концентрацией хлорофилла *a* и глубиной видимости диска Секки (корреляция варьируется от – 0,65 до – 0,85), поэтому для дополнительной проверки модели использовались спутниковые данные (сканер Sea WiFS) среднемесячных значений концентрации хлорофилла, наблюдаемые в исследуемом районе с 1998 по 2010 гг. Коэффициент корреляции между сравниваемыми параметрами в мае составил – 0,41, в августе – 0,62 и в сентябре – 0,27.

1. Агафонов Е.А., Кукушкин А.С., Прохоренко Ю.А. Исследование распространения речных вод в северо-западной части Черного моря в весенний гидрологический сезон // Метеорология и гидрология.– 2000.– № 8.– С.93-101.
2. Кукушкин А.С., Воскресенская Е.Н., Маслова В.Н. Особенности формирования поля прозрачности в поверхностном слое северо-западной части Черного моря в зимне-весенний период // Оптика атмосферы и океана.– 2010.– Т.23, № 8.– С.730-736.
3. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации.– М.: Финансы и статистика, 2002.– 344 с.
4. Кукушкин А.С. Влияние распределений гидрологических и гидробиологических параметров на структуру поля прозрачности в верхнем слое пелагиали Черного моря // Метеорология и гидрология.– 2013.– № 7.– С.4-86.

МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА НА АКВАТОРИИ ЧЕРНОГО МОРЯ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К ПОБЕРЕЖЬЮ КРЫМА

Т.М.Баянкина, А.Н.Жуков, О.И.Комаровская,
М.А.Крашенинникова, А.А.Сизов

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь

Рассматривается изменчивость циркуляции атмосферы в Атлантико-Европейском секторе, которая формирует крупномасштабную структуру поля приземного ветра в регионе Черного моря. В качестве показателя циркуляции атмосферы используется индекс САК. Показаны масштабы изменчивости индекса САК в последние 150 лет. Обращено внимание на существование устойчивого квазидвадцатилетнего масштаба изменчивости индекса САК, одной из причин формирования которого является механизм возмущения атмосферы в четные и нечетные циклы солнечной активности (с.а.).

Исследуется динамика разности аномалий приземного давления между западной и восточной частями Черного моря. Найдено, что в годы четного цикла с.а. (положительная фаза САК) над западной частью моря приземное давление выше, чем над восточной. В годы нечетного цикла с.а. (отрицательная фаза САК), наоборот, давление над западной частью ниже, чем над восточной частью Черного моря. Соответственно, модуль скорости ветра над западной частью моря меньше климатической нормы в годы четного цикла с.а. и больше климатической нормы в годы нечетного цикла с.а. В восточной части моря наблюдается противоположный характер изменчивости скорости ветра.

Использование массива дистанционных (спутниковых) измерений приземного ветра позволило показать, что над западной частью моря преобладает антициклоническая, а над восточной – циклоническая завихренность ветра. При этом в годы четного цикла с.а. циклоническая завихренность в восточной части моря усиливается, и сильные юго-восточные ветры могут наблюдаться у южного берега Крыма.

Учитывая, что индекс САК в годы нечетного цикла с.а. значимо выше, чем в годы четного цикла, можно ожидать, что в зимние месяцы текущего четного (24-го) цикла атмосферное давление над западной частью моря будет выше климатической нормы, а скорость

приземного ветра будет меньше среднемноголетней. В восточной части моря, наоборот, приземное атмосферное давление будет ниже среднего многолетнего значения, а скорость зимних юго-восточных ветров будет превышать климатическую норму. Соответственно, амплитуда и фаза межгодовой изменчивости приземного ветра у побережья Крыма будут изменяться в зависимости от того, в какой части моря (западной или восточной) расположено побережье.

Принимая во внимание динамику изменчивости солнечной активности и индекса САК на квазивековом и большем масштабах, можно ожидать, что в ближайшие 10 – 15 лет описанная структура приземного ветра в западной и восточной частях Черного моря сохранится.

АНАЛИЗ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА ЗАЛИВА СИВАШ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

Е.С.Щурова

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
shchurova88@gmail.com*

Спутниковые данные позволяют наблюдать ледовую обстановку на водных объектах, выделять фазы ледового режима, его продолжительность, фиксировать изменения в динамике. Ледовая обстановка Азовского моря активно исследуется: на основании натурных данных, дистанционных методов с ежегодным созданием ледовых карт [2]. При этом не учитывается существующий особый ледовый режим залива Сиваш, который определяется различной соленостью составляющих его частей и отличается от ледового режима Азовского моря разной продолжительностью. Залив, ограниченный от акватории Азовского моря Арабатской стрелкой, имеет специфичный химический состав и отличные физические свойства, его ландшафты претерпели такие техногенные трансформации, как строительство дамб, ввод в эксплуатацию Северо-Крымского канала, влияние оросительных систем. Тем не менее, невозможно рассматривать Сиваш как отдельную систему, не сопоставляя его с Азовским морем. В настоящем сообщении рассматривается ледовый режим Азовского моря в суровые зимы 2006, 2008 и 2012 гг. с учетом ледового режима и гидрохимических особенностей залива Сиваш.

В ходе работы было собрано и проанализировано более 200 снимков MODIS Terra/AQUA с разрешением 250 м. Использо-

лись ледовые карты, составленные Единой Государственной Системой Информации об Обстановке в Мировом Океане (ЕСИМО) [2], описаны ретроспективные данные по среднесуточной температуре, полученные на гидрометеорологической станции в Геническе [1], при анализе ледового режима Сиваша в 2006 г. использовались также результаты работы [3].

Согласно [3], процессы ледообразования в Азовском море в 2006 г. начались 9 января, когда установилась минусовая среднесуточная температура -4°C . Начальные формы льда в этот период прослеживались в восточной части Азовского моря. Из-за понижения температуры 20 января до -19°C [1] все Азовское море и северная часть Керченского пролива в течение суток покрылись льдами сплоченностью 10 баллов [3]. В Восточном Сиваше, где соленость варьирует в зависимости от района от 30 до 50 ‰ [4], и в Центральной части Западного Сиваша, где соленость выше 50 ‰ (нет современных данных), наблюдается припай, распространяющийся на всей водной поверхности. Лед полностью отсутствует в акваториях, ограниченных глухими дамбами, где соленость максимальна и приравняется к значениям более 200 ‰.

Состояние ледового покрова Сиваша оставалось стабильным до 19 февраля 2006 г., в последующие дни ледовый покров в Центральном Сиваше Западной Ветви быстро разрушался и таял, при температуре воздуха в Геническе $1,8^{\circ}\text{C}$ [1].

Исходя из анализа имеющейся спутниковой информации, ледовые поля в Восточной ветви сохранялись до 1 марта 2006 г. Последующий качественный снимок приходится на дату 6 марта. В северной части Восточного Сиваша – наиболее распресненном районе залива – отмечаются крупнобитый лед, малые ледяные поля сплоченностью 8 – 9 баллов. 10 марта мелкобитый лед все еще наблюдается в районе пролива Тонкий в Восточном Сиваше. 21 марта залив Сиваш полностью очистился ото льда, дата полного очищения ото льда вод Азовского моря приходится на 28 марта.

По данным [2] процессы ледообразования в Азовском море зимой 2007 – 2008 гг. начались 15 декабря, начальные формы льда и нилас наблюдались и в районе Геническа: в северной части Восточного Сиваша, в районе пролива Тонкий. Температура воздуха снизилась до $-11,8^{\circ}\text{C}$ 9 января, в Восточном Сиваше наблюдается припай сплоченностью 10 баллов и толщиной 15 – 23 см, в Западном Сиваше наблюдаются первичные формы льда. Вся акватория Азов-

ского моря и Керченский пролив покрыты плавучим серо-белым, серым льдом сплоченностью 9 – 10 баллов [2].

В отличие от 2008 г. процессы ледообразования в Азовском море зимой 2012 г. начались сравнительно поздно: 20 января появился лед у Таганрога, 31 января началось активное ледообразование, в Таганрогском заливе образовался припай, на всей акватории наблюдаются дрейфующие льды сплоченностью 7 – 8 баллов, в основном представленные светлым и темным ниласом [2], в Восточном Сиваше образуются первичные формы льда. 2 февраля вся акватория Азовского моря, также Восточный и Центральный Сиваш покрыты льдом сплоченностью 9 – 10 баллов, в центральной части моря он представлен в основном серым льдом, в районе Арабатской стрелки серо-белый лед.

Развитие льда на Азовском море продолжалось до 24 февраля, к этому моменту его акватория была покрыта преимущественно серо-белым льдом, припай в Геническе составлял 32 см, в Таганрогском заливе 40 – 45 см. В Восточном и Центральном Сиваше образован припай, в Южном Сиваше наблюдается серо-белый лед. После 24 февраля среднесуточные температуры были положительны, начались процессы таяния льда. На снимке от 6 марта Центральный Сиваш полностью очищен ото льда. 25 марта лед в акватории Сиваша отсутствует, а в 10-тых числах апреля Азовское море полностью очистилось ото льда.

Проанализировав спутниковые данные, можно выделить ряд особенностей при формировании ледового режима Сиваша в сравнении с ледовым режимом Азовского моря. Самый длинный период ледообразования в Сиваше (61 день), наблюдавшийся в 2006 г., соответствует наименее продолжительному (79 дней) для Азовского моря, и, наоборот, наименее продолжительный период для залива Сиваш (44 дня) в 2008 г. отвечает наиболее продолжительному для Азовского моря (87 дней) в том же 2008 г.

В исследуемом в работе периоде 2012 г. занимает промежуточное положение: ледообразования в Сиваше продолжалось 54 дня, а в Азовском море период ледообразования составил 81 день.

Очевидно, главная причина наблюдаемых явлений – это количество дней с отрицательными температурами в разные годы.

1. <http://climexp.knmi.nl/> Интернет база натурных гидрометеорологических данных (the Royal Netherlands Meteorological Institute).
2. <http://esimo.ru/portal/> Единая Государственная Система Информации об Обстановке в Мировом Океане (ЕСИМО).

3. Боровская Р.В., Лексикова Л.А. Исследование ледового режима Азовского моря и Керченского пролива в зимний период 2005 – 2006 годов // Материалы II международной конференции: Современные проблемы экологии Азово-Черноморского бассейна, 26-27 июля 2006 г.– Керчь: ЮгНИРО, 2006.– С.60-64.
4. Совга Е.Е., Щурова Е.С. Ресурсный потенциал озера Сиваш и современное экологическое состояние его акватории // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидфизика, 2013.– вып.27.– С.267-284.

ГИДРООПТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОЗЕРА СИВАШ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2013 – 2014 ГГ

А.А.Латушкин, А.А.Чепыженко, П.Д.Ломакин, О.В.Мартынов

*Морской гидрофизический институт, г. Севастополь
sevsalat@rambler.ru, annache87@yandex.ru,
p_lomakin@mail.ru, ovmartynov@gmail.com*

На базе двух сухопутных экспедиций, проведенных МГИ в летний период 2013 – 2014 гг. в район Восточного Сиваша получены данные о современных гидрофизических и гидрохимических условиях восточной части озера.

Работа выполнялась в два этапа. В 2013 г. сетка выполненных станций равномерно охватывала западное (Сиваш) побережье Арабатской стрелки (12 станций), в 2014 г. было выполнено 4 станции в юго-западной части оз. Сиваш – районе устья р.Салгир.

На каждой из станций при помощи биофизического зондирующего комплекса «Кондор» определялись температура, соленость, концентрация общего взвешенного (ОВВ) и растворенного органического вещества (РОВ). Данные об особенностях спектрального ослабления света получены при помощи спектрального измерителя коэффициента ослабления света *in situ* «ВАС9». По результатам совместных измерений проведена интеркалибрация канала определения общего взвешенного вещества (мг/л) между измерителями «Кондор» и «ВАС9». Коэффициент корреляции (R^2) составил 0,8117. Координаты станций определялись при помощи спутниковой навигационной системы GPS.

Содержание ОВВ вдоль сивашского берега Арабатской стрелки изменялось в интервале 1,0 – 7,8 мг/л. При этом северная область Сиваша, которая через пролив Тонкий имеет свободный водообмен

с Азовским морем, отличалась меньшими значениями концентрации ОВВ, чем на протяжении всей Арабатской стрелки. Аналогичный эффект уменьшения значений в направлении с юга на север, был выявлен в пространственном распределении солености. Вероятно гидролого-гидрооптический режим на этом участке, в связи с малыми глубинами, определяется, прежде всего, водообменном минерализованных вод оз. Сиваш с менее солеными водами Азовского моря. Здесь, как и на ближайших участках Азовского моря, соленость не превышала 9,4 ‰. При том, что для южных, наиболее удаленных от этого пролива участков, типична максимальная соленость, до 40 ‰.

Для района юго-западной части Восточного Сиваша (рис.1, а) значения ОВВ варьировали от 5,1 до 8,9 мг/л (рис.1, б), отличаясь большим содержанием взвешенных в воде частиц, чем для побережья Арабатской стрелки на всем ее протяжении. Связан этот факт, вероятно, с наличием в непосредственной близости стока р.Салгир и наличием локальных источников и поверхностных стоков, связанных с хозяйственной деятельностью человека.

На наиболее приближенной к его устью станции отмечается незначительное, но снижение концентрации ОВВ с 8,9 мг/л на ст.1 (2014 г.) на наиболее удаленной станции до 7,48 мг/л на ст.4 (2014 г.) (рис.1, б). При этом минимальные значения ОВВ равные

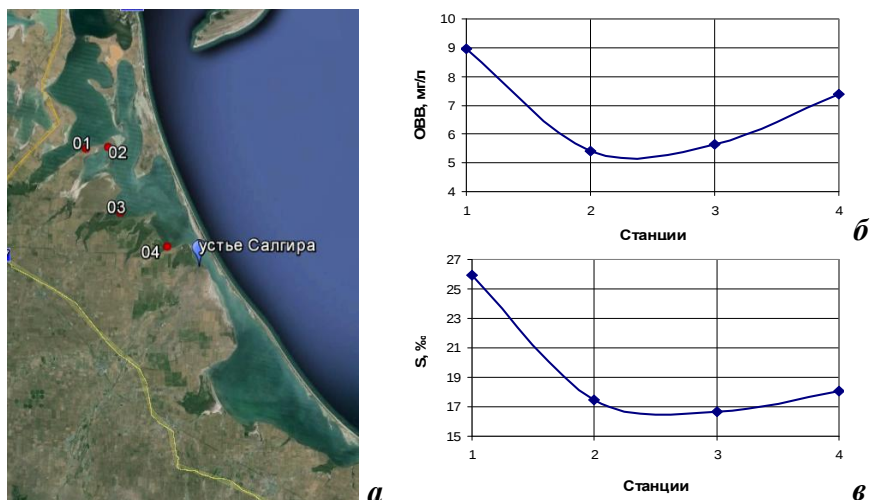


Рис.1. Схема станций 2014 г. в юго-западной части оз. Сиваш (а), распределение ОВВ (мг/л) (б) и солености (‰) (в) на разрезе ст.1 – ст.4.

5,45 мг/л зафиксированы на ст.2 и 3. Как правило, это не является типичным для устьевых зон. Однако это явление можно объяснить наличием активных процессов осаждения пресных вод р.Салгир по причине маловодности реки и низких скоростей ее течения в районе ст.4. В пространственном распределении солёности на этом участке наблюдается спад значений от 26 до 17,5 – 18 ‰ (рис.1, в). Значения солёности вблизи стока р. Салгир не превышают 17 – 17,5 ‰. Минимум значений солёности (16,5 ‰) отмечается на ст.2 и 3, вероятно, выявляя поток распресненных речных вод с меньшим количеством влекомых наносов, отклонившийся в западном направлении.

При этом значения солёности в районе устья р. Салгир отличаются средними значениями, характерными для Восточного Сиваша, полученными нами в 2013 г. при мониторинге озера со стороны западного побережья Арабатской стрелки.

Содержание РОВ вдоль сивашского берега Арабатской стрелки изменялось в интервале 2,3 – 4,1 мл/л, выявляя локальные особенности, обусловленные наличием местных факторов-источников поступления РОВ к урезу воды, которые к данному времени слабо изучены или картированы. Такими факторами могут являться плавни, небольшие озера со своим режимом, локальные зоны (ареалы) гнездовья птиц или др., расположенные в непосредственной близости.

Для района юго-западной части Восточного Сиваша значения РОВ изменялись незначительно – от 1 до 1,15 мг/л.

Проведенный анализ данных гидрооптических исследований для летнего периода 2013 – 2014 гг. позволяет отметить, что азовские воды, проникающие в Сиваш через пролив Тонкий, – один из значимых факторов, определяющих режим солёности в этом озере. Гидрооптический (ОВВ и РОВ) и солёностный режимы отдельных наиболее мелководных участков побережья, заливов, плавней, устьевых районов рек, впадающих в оз. Сиваш имеют сходные тенденции изменчивости. И независимо от их удаленности от основного источника малосолёных вод Азовского моря (пролив Тонкий), определяются наличием локальных особенностей и набором местных факторов для каждой из станций, (морфометрические параметры, цвет дна, мутность вод, альbedo, объём стока впадающих в непосредственной близости к исследуемому участку рек и скорость их течения), требующих более детального изучения.

ИНФОРМАТИВНАЯ ГЛУБИНА В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ

П.Д.Ломакин, А.И.Чепыженко, А.А.Чепыженко

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь

p_lomakin@mail.ru, ecodevice@yandex.ru, annachep87@yandex.ru

На базе корреляционного анализа между полем яркости спутникового сигнала $B(x, y)$ и горизонтальными распределениями взвеси $ОВВ(x, y, z)$ оценен эффект вертикальной сепарации выходящего из стратифицированной водной толщи оптического сигнала для акватории Керченского пролива.

Суть метода заключается в следующем. Между полем яркости спутникового сигнала $B(x, y)$ и горизонтальными распределениями взвеси $ОВВ(x, y, z)$ последовательно, начиная с верхнего горизонта, рассчитывается коэффициент корреляции $R(z)$. Здесь x, y – координаты станций; z – горизонт наблюдения ОВВ; в рассматриваемом случае $z = 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5$ м. Далее в ряду $R(z)$ определяется максимум, точка максимума соответствует искомой информативной глубине.

Рассмотрены два случая: ситуация генерального переноса через пролив вод Азовского моря и ситуация, когда в проливе преобладают черноморские воды. Оценена информативная глубина в Керченском проливе, в условиях наиболее мутных и наиболее прозрачных вод.

В случае азовоморского потока интегральное содержание ОВВ в слое информативной глубины довольно хорошо коррелирует с полем яркости спутникового сигнала. Теснота связи этих полей оценивается значимым коэффициентом $R = 0,55$. Для слоя $0 - 3$ м коэффициент корреляции становится малозначимым и резко уменьшается до $0,20$.

То есть для ситуации, когда в проливе превалируют наиболее мутные азовоморские воды, информативная глубина оценивается верхним слоем толщиной около 2 м.

Аналогичный расчет, выполненный нами для ситуации с преобладанием на акватории Керченского пролива менее насыщенных ОВВ черноморских вод, показал, что в подобных условиях информативная глубина равна, примерно, 4 м.

На основании этих результатов можно утверждать, что в Керченском проливе на базе современных спутниковых оптических методов интегральное содержание ОВВ более или менее достоверно можно оценивать только в верхнем слое вод толщиной около 2 м. Придонный слой вод пролива, где сосредоточено основное количество ОВВ, пока не доступен для количественной оценки содержания этого вещества при помощи оптических спутниковых данных.

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИ АКТИВНАЯ РАДИАЦИЯ В СЕВАСТОПОЛЕ: ИЗМЕРЕНИЯ И ЧИСЛЕННЫЕ РАСЧЕТЫ

В.В.Суслин¹, М.В.Шокуров¹, Т.Я.Чурилова², Е.Н.Корчемкина¹

¹*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь*

²*Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского, г.Севастополь
slava.suslin@gmail.com*

В настоящее время в рамках международных и национальных проектов усилиями сотрудников Морского гидрофизического института и Института биологии южных морей развиваются оперативные гидродинамическая и экологическая модели Черного моря [1 – 4]. В этих моделях в качестве входных параметров используются данные о нисходящей коротковолновой радиации (SWD) и фотосинтетически активной радиации (PAR) на уровне моря. В работе получены оценки точности суточной и недельной величины PAR, рассчитанные по модели [5] по спутниковым данным MODIS-Aqua/Terra, и SWD, рассчитанной по метеорологической модели [6, 7], которая была адаптирована на регион Черного моря [8].

1. Korotaev G.K. et al Operative system diagnosis and prognosis of the Black Sea with the assimilation of satellite information // Space research in Ukraine. Report to COSPAR. Scientific Editor O. Fedorov.– Kiev: Academ Periodika, 2012.– P.85-92.
2. Дорофеев В.Л. Моделирование декадной изменчивости экосистемы Черного моря // Морской гидрофизический журнал.– 2009.– № 6.– С.71-81.
3. Finenko Z.Z., Suslin V.V., Churilova T.Ya. Estimation of phytoplankton productivity based on satellite data // Reports of RAS.– 2010.– v.432, № 6.– P.845-848.
4. Churilova T.Ya., Suslin V.V. Seasonal and inter-annual variability in waters transparency, chlorophyll a content and primary production in the Black Sea simulated by spectral bio-optical models based on satellite data (SeaWiFS) // Ocean Optics XXI, Glasgow, Scotland, October 8-12, 2012, CD, 13 p. OO121251_Churilova__Tetyana_OO121251.docx
5. Frouin PAR algorithm: http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/DOCS/seawifs_par_wfigs.pdf
6. Dudhia J. A nonhydrostatic version of the Penn State / NCAR mesoscale model Validation tests and simulation of an Atlantic cyclone and cold front // Mon. Wea. Rev.– 1993.– v.121.– P.1493-1513.
7. Baker D.M., Huang W., Guo Y.-R., Xiao Q.N. A Tree-Dimensional (3DVAR) Data Assimilation System For Use With MM5: Implementation and Initial Results // Mon. Wea. Rev.– 2004.– v.132.– P.897-914.

8. *Шокуров М.В.* Численное моделирование атмосферной циркуляции над Черным морем // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011.– вып.25, т.2.– С.91-117.

**ХАРАКТЕР ИЗМЕНЧИВОСТИ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
АТМОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ СТАНЦИИ «SEVASTOPOL»
СЕТИ AERONET В 2006 – 2014 ГГ.**

Ю.А.Прохоренко

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь

Приведен анализ статистических характеристик изменчивости неоднородностей атмосферы, проявившиеся в результатах измерений солнечным спектрофотометром «СІМЕL-318» (стандартный роботизированный прибор глобальной сети). Прибор в дневные часы автоматически производит регулярные измерения яркости солнечного диска и рассеяния небесным сводом солнечного излучения в 4 – 9 участках видимой области. По прямым измерениям солнечного диска рассчитываются величины основных оптических характеристик – аэрозольной оптической толщины атмосферы, параметра Ангстрема, влагосодержания. Данные рассеяния солнечного излучения небесной сферой служат основой для расчёта оценок микрофизических свойств аэрозольных включений воздушных масс.

Изменчивость оптических свойств атмосферы оценивается в пределах от дневной до межгодовой. Существенно влияющим на изменчивость свойств исследуемого столба атмосферы является её нижний слой – тропосфера. Здесь максимальна плотность вещества, слой содержит воду во всех состояниях и располагаются ближние зоны действия большинства аэрозольных источников естественного и искусственного (антропогенного) происхождения.

Наша станция расположена на входе в Севастопольскую бухту. Поэтому тропосферные воздушные массы, в зависимости от направления ветра могут поступать как с суши, так и после их прохождения над значительными пространствами водной поверхности Чёрного моря. Это обстоятельство является ещё одним из основных факторов изменчивости аэрозольного наполнения атмосферы над станцией. Для выяснения влияния изменчивости нижних пограничных воздушных масс на оптические свойства исследуемого столба атмосферы, в последние годы в месте расположения станции регистри-

ровались сводки погоды (метеорологические явления, местные погодные условия, а также велась регистрация местных катастрофических выбросов в атмосферу, крупных пожаров на прилегающих наветренных территориях).

По мере накопления на станции сведений, ранее уже делались подобные статистические оценки изменчивости атмосферы.

Предлагаемая работа – продолжение анализа результатов ежедневного мониторинга, исследований свойств окружающей среды в экологически важной крымской зоны рекреации. Данные анализа полезны для контроля и конкретного сопоставления свойств атмосферы Крыма с аэрозольным наполнением любого другого района Земли.

СУБМЕЗОМАСШТАБНЫЕ ПРОЦЕССЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВЗВЕШЕННОГО ВЕЩЕСТВА У ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА

А.А.Алескерова, А.А.Кубряков, С.В.Станичный

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь

В работе исследуются субмезомасштабные процессы, влияющие на распространение взвешенного вещества у западного берега Крыма. Для этого используется архив оптических данных со спутников Landsat 4, 5, 7 и 8 за период с 1983 по 2014 гг. с разрешением 30 м. По результатам анализа полученного массива была проведена классификация динамических процессов с выделением характерных типов для выбранного района (вихри, прибрежные струи, грибовидные течения и др.). Определены характерные районы возникновения различных динамических структур, получены их геометрические характеристики. Выявлены и исследованы случаи возникновения интенсивных потоков взвеси, распространяющиеся на большие расстояния в результате сильного ветрового воздействия.

МОНИТОРИНГ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ СЕВАСТОПОЛЯ НА ОСНОВЕ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК

В.М.Кушнир, С.В.Федоров

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь

С середины 2013 г. специалистам, занимающимся мониторингом прибрежных вод, стали доступны гиперспектральные космические снимки фотометра NICO (Hyperspectral Imager for the Coastal

Ocean), установленного на японском модуле Международной космической станции. Фотометр НИСО обеспечивает пространственное разрешение 100 м, спектральный диапазон измерений от 0,38 до 0,96 мкм с интервалом 0,0057 мкм. Пространственное разрешение одного снимка составляет 50×200 км.

Характерной особенностью снимков являются значительные контрасты между открытой частью моря и прибрежными акваториями Севастополя. Эти контрасты проявляются в севастопольских бухтах и вдоль береговой линии, что указывает на их связь со стоками города. Настоящая работа посвящена обоснованию методов обработки гиперспектральных съемок НИСО для экологического контроля качества прибрежных зон, оценки концентрации хлорофилла-А и общего взвешенного вещества.

Прибрежные воды г.Севастополя относятся к водам второго типа, для которых необходимо создавать региональные алгоритмы обработки данных оптических спутников. В настоящей работе атмосферная коррекция осуществлялась исходя из следующих предположений:

1. Для прозрачных вод ($NDVI = -0,55 - -0,66$) восходящее излучение морской поверхности в красной и ИК области спектра практически отсутствует. Таким образом, фотометр в этом диапазоне длин волн измеряет яркость молекулярного и аэрозольного рассеяния в атмосфере $L_A(\lambda)$.

2. 54 измерения в длинноволновом участке спектра (0,65 – 0,96 мкм) позволяют получить достаточно хорошее приближение спектра яркости для условно прозрачных вод. Наилучшее приближение получается в виде экспоненциальной аппроксимации $L_H = A_i \exp(-B_i \lambda)$.

3. Полученная экспоненциальная зависимость справедлива и для коротковолнового участка спектра (0,4 – 0,65 мкм). Это позволяет определить яркость восходящего излучения морской поверхности для каждого пикселя снимка, как разность между измеренной яркостью и яркостью молекулярного и аэрозольного рассеяния в атмосфере $L_w(x, y, \lambda) = L_i(x, y, \lambda) - L_H(\lambda)$.

Далее полученные значения яркости восходящего излучения использовались для оценки концентрации хлорофилла-А по спектральным коэффициентам яркости и эффективной длине волны, а также для оценки пространственного распределения общего взвешенного вещества для прибрежных акваторий Севастополя.

Полученные пространственные распределения концентрации общего взвешенного вещества характеризуются значительной изменчивостью, которая, вероятно, объясняется многими факторами. Основные из них – это изменение ветрового режима и быстрая перестройка поля скорости течения в прибрежной зоне и вариации горных стоков. Общей особенностью является увеличение концентрации взвеси в восточной (крайней) оконечности Северной бухты, куда впадает р. Черная, а на берегах расположенные многочисленные объекты производственной и хозяйственной деятельности. В этих местах концентрация взвеси достигает $1,5 - 4,0 \text{ г/м}^3$.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ АРАЛЬСКОГО МОРЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД С ПОМОЩЬЮ СНИМКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ СО СПУТНИКОВ AQUA/TERRA ПРИБОРАМИ MODIS В 2008 – 2014 ГГ.

Т.Ф.Кузьмичёва

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
yanart01.81@yandex.ru*

Глобальные изменения климата и антропогенная (человеческая, хозяйственная, точнее – бесхозяйственная) деятельность породили ряд экологических катастроф планетарного масштаба. Среди них – гибель Аральского моря, обезвоживание и опустынивание земель в его бассейне. Современное состояние Аральского моря изучено, к сожалению, очень плохо. С океанографической точки зрения сегодняшнее Аральское море является очень специфическим объектом, который имеет мало общего со «старым» морем. Поэтому изучение критического состояния Аральского моря является, с нашей точки зрения, необходимым. Во-первых, для разумного предсказания дальнейшего состояния Аральского моря необходимо полагаться на точное описание и правильное понимание его настоящего состояния. Во-вторых, существующее сегодня Аральское море, вместе с его очень специфическим океанографическим окружением (экологией природной среды), является уникальной природной «лабораторией», которая может быть использована для исследования физических и химических процессов, происходящих в других озёрах, внутренних морях и даже океанических регионах, но проявившихся в Аральском море в их экстремальной форме. В-третьих, существует множество геологических и археологических доказательств, показы-

вающих, что в далёком прошлом происходило аналогичное или даже более сильное отступление (высыхание) моря, но за этим отступлением всегда следовало последующее возвращение. В-четвёртых, процессы, происходящие сегодня в Аральском море, могут быть очень поучительными, если учесть, что существует множество озёр в других районах Земного шара (например, озеро Сиваш), которые испытывают точно такие же процессы осолонения или, другими словами, подвергаются точно такой же опасности.

В данной работе анализируются и подробно описываются снимки, полученные в 2008 – 2014 гг. со спутников AQUA/TERRA приборами MODIS. Отслеживается динамика Аральского моря в зимний период в эти годы.

Сделаны следующие выводы.

1. Первый лёд в Северном Арале в раннюю, среднюю и позднюю зимы появляется в те же периоды, что и в условно-естественный период (до 1960 г.).

2. В условно-естественный период (до 1960 г.) лёд на юге Аральского моря появлялся приблизительно на 2 недели позже, чем на севере. Зимой 2009 – 2010 и 2010 – 2011 гг. лёд на севере и юге появился одновременно.

3. Вода в Восточном Арале в холодные зимы замерзает на несколько недель раньше, чем в Западном, несмотря на то, что солёность в нём в 2 раза выше (211 ‰), чем в Западном Арале (104 ‰).

4. Периоды похолодания довольно часто сменяются оттепелями.

5. На снимке за 19 декабря 2011 г. видно, что в той части русла реки Жанадарья, которая натекает на слой высокосолёных вод Восточного Арала, толщина льда значительно больше (лёд окрашен белым цветом), чем в части русла, проходящего по земле, что может свидетельствовать о выхолаживании снизу.

6. На юге Восточного Арала образовался полуостров, который является как бы продолжением ветланда Джилтыр-Бас-2 и клином вдаётся в воды Восточного Арала. У основания этого клина образовался водоём, который впервые был замечен в сентябре 2009 г.; в 2012 г. он появился на снимках 13 апреля. У этого водоёма есть подземный источник, который в 2010 и 2012 гг. заполнил весь Восточный Арал.

Водоём с подземным источником обнаружен также северо-западнее бывшего о-ва Борса-Келмес.

ВЛИЯНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В УСТЬЕВЫХ ЗОНАХ АЗОВСКОГО МОРЯ

А.Е.Букатов, Е.А.Павленко

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
kattsev@ukr.net*

На основе данных гидрохимических наблюдений за период 1992 – 2012 гг. проведено исследование изменчивости концентраций загрязняющих веществ в устьевых зонах Азовского моря. Для исследования выбраны среднегодовые концентрации нефтяных углеводородов (НУ), синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) и концентрации биогенных веществ (азот аммонийный, фосфор общий, силикаты).

Получены оценки статистических связей изменчивости гидрометеорологических условий в районе Азовского моря и уровня загрязненности устьевых зон рек Дон и Кубань. Для исследования корреляционных зависимостей использованы данные по температуре воздуха, количеству осадков и скорости ветра на метеостанциях Ростов-на-Дону и Краснодар, а также данные по среднемесячным расходам воды на гидрологических постах станица Раздорская и хутор Тиховский.

Среднегодовое поступление загрязняющих веществ со стоком р. Дон за период 1992 – 2012 гг. составило: НУ 2,0 тыс. т, СПАВ 0,7 тыс. т, азот аммонийный 3,1 тыс. т, фосфор общий 3,8 тыс. т, силикаты 30 тыс. т. Среднегодовое поступление загрязняющих веществ со стоком р. Кубань за период 1992 – 2012 гг. составило: НУ 0,5 тыс. т, СПАВ 0,5 тыс. т, азот аммонийный 2,0 тыс. т, фосфор общий 0,5 тыс. т, силикаты 19 тыс. т. Повышенные концентрации НУ, СПАВ и аммонийного азота наблюдаются при увеличении количества выпадающих осадков и объемов стока. В мелководной устьевой области р. Дон поступление азота растет также за счет взмучивания донных отложений. Увеличению содержания общего фосфора в устьевых областях рек Дон и Кубань способствует повышение температурного фона. Для мелководной устьевой зоны р. Дон выявлены положительные корреляционные связи между ростом концентраций кремния и повышением температуры воздуха, а также увеличением скорости ветра. В водах устьевой области р. Кубань содержание кремния зависит в основном от объемов поверхностного стока и количества выпадающих осадков.

МОНИТОРИНГ ПРОЯВЛЕНИЙ АПВЕЛЛИНГА У БЕРЕГОВ КРЫМА МЕТОДОМ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ КАРТ

Е.Е.Лемешко¹, И.А.Репина²

¹*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
egor.lem.88@gmail.com*

²*Институт физики атмосферы РАН, г.Москва*

Рассмотрено применение нелинейного метода анализа данных на основе нейронной сети – алгоритма самоорганизующихся карт Кохонена (СОК) для спутниковых данных прибрежной зоны Крыма в районе Качивели. Представлены результаты анализа поля температуры поверхности моря (ТПМ) за период 2000 – 2009 гг. Сделан вывод о пригодности метода СОК для выделения аномалий температуры при анализе многолетней архивной спутниковой информации и идентификации проявлений апвеллинга.

Данные дистанционного зондирования широко используются в современной океанографии, обеспечивая пользователей оперативной и синоптической информацией для описания процессов в океане. Однако зачастую трудно интерпретировать спутниковые изображения из-за больших массивов архивной информации и нелинейности процессов.

Цель работы заключалась в следующем: 1) адаптировать нелинейный метод самоорганизующихся карт для идентификации спутниковых изображений для акватории Черного моря; 2) продемонстрировать его пригодность для анализа многолетних архивных данных по дистанционному зондированию; 3) с его помощью идентифицировать проявления прибрежного апвеллинга по данным температуры поверхности моря в прибрежной зоне ЮБК.

Применение метода самоорганизующихся карт Кохонена (СОК) для анализа многолетних данных ТПМ для июня за период 2000 – 2009 гг. с целью выделения аномалий температуры поверхности моря и идентификации проявлений апвеллинга позволяет сделать следующие выводы:

Выделены проявления апвеллинга в районе Крыма в июне 2002 г., июне 2005 г. и в начале июня 2007 г. Им соответствует карта СОК с повторяемостью 6 % от всего количества снимков.

Идентифицированные проявления апвеллинга в прибрежной зоне ЮБК в июне 2005 г. согласуются с данными контактных наблюдений на океанографической платформе в Качивели за тот же период.

Преимущества алгоритма СОК по сравнению с другими методами анализа данных, например, эмпирическими ортогональными функциями, заключаются в том, что в результате весовые вектора для каждого узла СОК имеют размерность исходных данных (в случае ТПМ это ($^{\circ}\text{C}$)), что упрощает их анализ и интерпретацию.

Метод СОК может также применяться к данным, в которых имеются пропуски, что делает возможным анализ ТПМ, когда из-за облачности пропущена часть входных карт.

КОНТАКТНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ МОРЯ ЗА ПЕРИОД 2000 – 2013 ГГ. МЫС ЛОХАНОЧКА (СЕВАСТОПОЛЬ, ЧЕРНОЕ МОРЕ)

М.А.Попов

*Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского, г.Севастополь
markp@bigmir.net*

Измерения температуры поверхности моря (ТПМ) производились в районе аквариального корпуса ИнБЮМ (внешний рейд г. Севастополя, координаты $44^{\circ}36'58''$ с.ш. и $33^{\circ}30'15''$ в.д.). В период исследований минимальное абсолютное значение ТПМ ($3,8^{\circ}\text{C}$) зафиксировано в 24 января 2006 г., максимальное ($29,8^{\circ}\text{C}$) – 12 августа 2010 г.

Среднегодовая ТПМ за весь период наблюдений составила $15,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$. Наиболее холодным был 2003 г. ($14,5 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$), экстремально теплым – 2010 г. ($17,1 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$). Среднегодовая ТПМ в районе г. Севастополя за первое десятилетие XX в. [1] была на $2,6^{\circ}\text{C}$ ниже аналогичного показателя за 2000 – 2013 гг.

Величина положительного тренда линейной регрессии ТПМ за период 2000 – 2013 гг. равнялась $0,07^{\circ}\text{C}/\text{год}$.

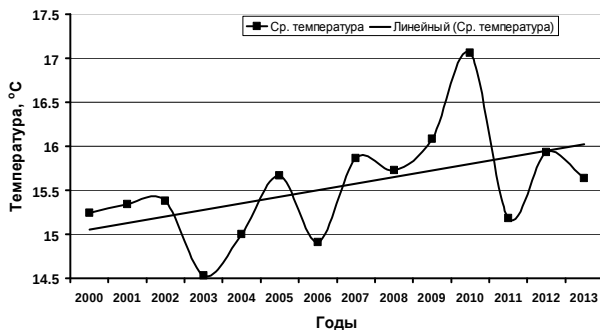


Рис.1. Среднегодовые значения температуры воды и линейный тренд.

По сравнению с периодом 1980 – 1999 гг. [2] тенденция потепления за период 2000 – 2013 гг. значительно увеличилась.

1. *Зернов С.А.* К вопросу об изученности жизни Черного моря. // Зап. Императ. Акад. наук.– С-Пб, 1913.– т.33, № 1.– С.1-365.
2. *Дегтерев А.Х., Репетин Л.Н., Севриков В.В.* Сезонный ход температуры и осадков на Крымском побережье // Вестник СевГТУ.– Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2002.– вып.39: Механика, энергетика, экология.– С.123-128.

ОЦЕНКА СРЕДНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРАТИФИКАЦИИ ВОДНОЙ СРЕДЫ

А.Е.Погребной

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь

Под действием различных гидрофизических процессов стратифицированная среда может изменять свои характеристики, как во времени, так и в пространстве. Осреднение вертикальных профилей используется для описания статистических характеристик бассейнов и географического районирования океана, суточной, синоптической, сезонной, межгодовой и т.п. изменчивостей. Кроме того, осреднение двух или более соседних вертикальных профилей (с необходимыми весовыми коэффициентами) даёт промежуточное интерполированное распределение исследуемого параметра. Настолько частое использование процедуры осреднения профилей позволяет отнести её к классу стандартных.

Традиционно процедура осреднения вертикальных распределений сводится к следующему. Для каждого горизонта глубин находится среднее значение интересующего параметра, которое и трактуется как среднее значение для выбранного горизонта. При этом характерные структурные особенности, присущие каждому индивидуальному профилю, могут существенно искажаться и даже полностью отсутствовать на результирующем среднем профиле. Причина искажений – наличие адвективного члена в выражении для оператора субстанциональной (индивидуальной) производной

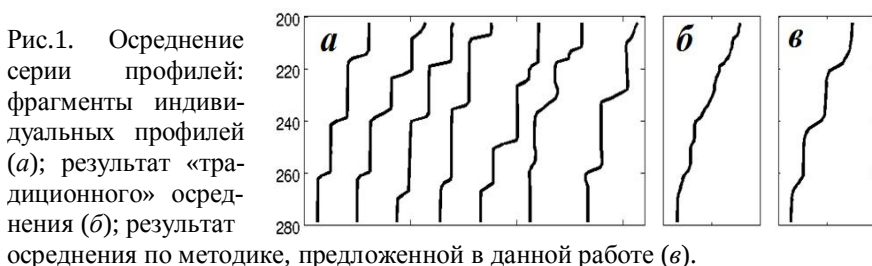
$$\frac{d}{dt} \equiv \frac{\partial}{\partial t} + (u \nabla).$$

Цель работы: создание методики осреднения, сохраняющей структурные особенности индивидуальных профилей. Достичь её попытаемся в ходе поэтапного решения следующих задач:

- идентифицируем и приведём в соответствие элементы жидкости (структуры) индивидуальных осредняемых профилей;
- рассчитаем осреднённые глубины залегания этих элементов;
- для каждого элемента рассчитаем среднее значение интересующего параметра – оно и должно быть присвоено его средней глубине.

Для идентификации элементов вертикальной структуры столба жидкости предлагается использовать лагранжевый инвариант – фоновое значение плотности. Вертикальный масштаб осреднения для получения фоновой структуры – это тот характерный размер неоднородностей, которые прослеживаются на всем полигоне в течение всей обрабатываемой съёмки.

Преимущества предлагаемой методики по сравнению с традиционным подходом демонстрируются на рис.1. В качестве исходных данных использован фрагмент разреза, выполненного в северо-западной части тропической Атлантики. Тонкая структура полей температуры и солёности в этом районе характеризуется ступенчатым расслоением главного пикноклина, которое прослеживается на тысячи километров и обусловлено конвекцией солевых пальцев.



Данная методика, основываясь на общих термодинамических принципах, применима также к атмосфере и к лабораторным экспериментам. Кроме того, использование плотности в качестве лагранжевого инварианта не является обязательным. Главное преимущество такого выбора продиктовано её монотонной зависимостью от глубины.

СЕКЦИЯ 4

Информационно-вычислительные системы вариационной ассимиляции данных наблюдений для дальнейшего развития интегральной системы мониторинга морей Юга России

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЕСИМО

Н.Н.Михайлов, Е.Д.Вязилов, А.А.Воронцов

*Всероссийский НИИ гидрометеорологической информации –
Мировой центр данных, г.Обнинск
nodc@meteo.ru*

В рамках Федеральной целевой программы «Мировой океан» по подпрограмме «Создание единой системы информации об обстановке в Мировом океане» (ЕСИМО) в 2013 г. закончено создание базовой инфраструктуры полнофункциональной версии системы (<http://portal.esimo.ru>). Базовая инфраструктура включает комплексы (информационно-технологические узлы, интегрированные комплексы взаимодействия и комплексы информационного обеспечения морской деятельности); программные компоненты (общесистемные программные средства, расчетно-модельные комплексы, средства реализации прикладных задач); информационные ресурсы в виде метаданных и данных.

ЕСИМО состоит из взаимодействующих информационно-технологических узлов разных категорий и назначения (центральных, региональных, специализированных и ведомственных), размещаемых в центрах системы. Узлы системы построены на основе комбинации общесистемных компонентов и единого интерфейса. Реализована синхронизация метаданных между узлами системы и их консолидация в централизованной базе метаданных. Важную роль для стандартизации доступа к данным играют общие классификаторы и коды.

Информационные ресурсы интегрированы в систему распределенных баз данных в виде сети источников данных ведомственных систем, “приписанных” к соответствующим узлам системы. Технология ведения информационных ресурсов ЕСИМО реализуется программными компонентами Поставщик данных, который делает доступными разнородные и распределенные ресурсы ведомственных систем, и Сервер интеграции, который контролирует работу источников данных СРБД, доставку данных пользователям и внешним системам (комплексам) по запросам и подписке.

В области обработки и анализа данных главной идеей является создание единого автоматизированного процесса получения ГИС-ориентированной продукции по следующей схеме. База интегрированных данных создает кэш ресурсов заданного состава и выполняет препроцессинг (преобразование, объединение, обобщение) данных для получения продукции. ГИС-сервер преобразует информацию в геосервисы и выполняет их публикацию. Аналитический комплекс осуществляет подготовку материалов в виде обобщений.

Для обеспечения единой политики доступа к ресурсам системы реализована цепочка сервисов. Сначала производится заказ на доставку информации (состав, время, метод, точка доставки), далее система проверяет права пользователей на доступ к информации и назначение разрешений администраторами узлов ЕСИМО. Сервер интеграции обращается к источникам данных согласно заказу и доставляет файлы данных в системных или локальных форматах на ftp-сервер или e-mail пользователей. При выполнении операций производится контроль процессов подачи заказа, назначения прав и предоставления информации.

В ЕСИМО введены единые правила безопасности - назначения ролей и прав пользователей, их выполнения всеми компонентами и узлами системы для защиты от несанкционированного доступа к ресурсам, независимо от того, где он размещается. Схема управления контентом портала и персонализации доступа к ресурсам системы позволяет конструировать “автоматизированные рабочие места” пользователей без программирования. Особое внимание уделено средствам обеспечения работоспособности системы, включающим компоненты мониторинг ресурсов системы – сбор метрик и отображение состояния серверов в центрах ЕСИМО, рассылка оповещений о нештатных ситуациях; комплекс ведения статистики работы единой системы и подготовки отчетности о работе. Узлы ЕСИМО объединены в виртуальную телекоммуникационную сеть. При этом реализовано телекоммуникационное взаимодействие между узлами системы, введен в действие центральный портал в Главном вычислительном центре Росгидромета, включая подпортал для обеспечения морского сегмента Ситуационного центра Росгидромета. Осуществлено развертывание и ввод в опытную эксплуатацию региональных узлов ЕСИМО по Северо-западному и Арктическому региону (АНИИ), Дальневосточному региону (ДВНИГМИ) и специализированного центра (373 центр ВМФ).

Перспективами развития ЕСИМО являются расширение комплексного информационного обеспечения ресурсами и сервисами системы, оптимизация работы системы, повышение качества информационных ресурсов. Наиболее перспективным видом информационного обеспечения является развитие межведомственное электронного взаимодействия по схеме “системам – система”. Примером такой реализации является взаимодействие между функциональными подсистемами Росгидромета и автоматизированной системой НЦУКС МЧС России, автоматизированной системой управления Минтранса России и Отраслевой системой мониторинга судов Росрыболовство. Оптимизация работы системы производится как на инфраструктурном уровне (уменьшение времени на обработку поступающей информации с пяти до одного часа), так и на уровне отдельных программных компонент, например, увеличение скорости отклика ГИС-визуализатора. Очень важным моментом эксплуатации ЕСИМО является повышение качества информационных ресурсов и корректности их визуализации. Это связано с объединением ресурсов, маппированием используемых классификаторов, слиянием накопленных данных с оперативными потоками данных и прогнозами, использованием атрибутов метаданных при визуализации данных. Кроме того, за счет типизации шаблонов визуализации ресурсов появляется возможность получения интерактивной информационной продукции, мониторинга гидрометеорологической обстановки.

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КРЫМУ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ДАННЫХ

В.Н.Еремеев¹, В.А.Иванов², Е.Д.Вязилов³, Н.Н.Михайлов³

¹*Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского, г.Севастополь*

²*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь*

³*Всероссийский НИИ гидрометеорологической информации –
Мировой центр данных, г.Обнинск*

vjaz@meteo.ru, nodc@meteo.ru

В Крыму, как ни в одном другом субъекте РФ, сосредоточен высокий и разнообразный морской потенциал. Морская деятельность существенно зависит от состояния природной среды. При этом для поддержки морской деятельности необходима различная информация. Развитие современного информационного обеспечения объектов морской деятельности основывается на интегрированных данных.

В декабре 2013 г. закончена разработка полнофункциональной версии Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО, <http://portal.esimo.ru>). Программное обеспечение ЕСИМО и созданная инфраструктура, по существу, представляют собой технологическую платформу, на основе которой можно разрабатывать новые региональные или специализированные порталы, подпорталы, автоматизированные рабочие места (АРМ) для комплексного информационного обеспечения пользователей на федеральном, региональном и локальном уровнях. Основными подходами по реализации порталов ЕСИМО является интеграция данных за счет создания единого словаря параметров, мappирования классификаторов, создания метаданных в стандарте ИСО 19115; разработка приложений, работающих с базами интегрированных данных, расположенными в региональных узлах.

Информационные ресурсы по району Черного и Азовского морей включают как наблюдаемые данные, так и прогностическую, и обобщенную информацию о состоянии природной среды. При этом кроме гидрометеорологической информации от организаций Росгидромета, в ЕСИМО можно получить расположение транспортных и рыболовных судов (ФГУП «Морсвязьспутник» Минтранса, ЦСМС Росрыболовства), сведения о портах (ЗАО «ЦНИИМФ» Минтранса), сведения о работе судостроительных предприятий (ЦНИИ ЦЕНТР Минпромторга).

Средства ЕСИМО позволяет найти необходимые данные и визуализировать их с помощью имеющихся сервисов. При этом широко используются геоинформационные средства отображения информации, а также возможности построения графиков и карт. Можно получить сведения по объектам метаданных, сведения о классификаторах, сведения о нормативно-методических документах и новостной информации, сохранить данные на компьютере пользователя, получить готовую информационную продукцию, осуществить доступ к аналитическим представлениям, получить данные по подписке, провести расчет распространения разлившейся нефти.

Кроме порталов пользователи могут использовать АРМы, в которых имеется профиль ресурсов и сервисов, необходимых конкретному пользователю. В настоящее время создано 66 АРМов в морских УГМС (ЦГМС) для дежурной смены синоптиков и внешних пользователей, для дежурных смен Центров управления в кризисных ситуациях в субъектах РФ и других объектов.

Создание федерации ЕСИМО для Крыма позволит достаточно быстро организовать комплексное информационное обеспечение морской деятельности как на основе уже имеющихся в системе информационных ресурсов по этому региону, так и новых региональных ресурсов, которые имеются в крымских организациях.

ЕСИМО может стать единой технологической платформой для мониторинга состояния природной среды и исследования природных процессов в Черном и Азовском морях. Она позволит без существенных затрат получить аналитическую информацию как для научных исследований, так и поддержки решений.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ МОРЕВЕДЧЕСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ КРЫМА

А.Х.Халиулин¹, Е.А.Годин¹, Ю.Н.Токарев²,
И.В.Мезенцева³, С.С.Смирнов⁴

¹*Морской гидрофизический институт (МГИ), г.Севастополь*
khaliulin.alexey@nodc.org.ua; godin.eugeny@nodc.org.ua

²*Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского*
(ИнБЮМ), г.Севастополь
y.tokarev@gmail.com

³*Севастопольское отделение федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный океанографический институт им. Н.Н.Зубова» (СО ГОИН), г.Севастополь*
lab_sea_chem@mail.ru

⁴*Южный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии (ЮЗНИРО), г.Керчь*
drssergius@mail.ru

В ведущих мореведческих организациях Крыма – МГИ, ИнБЮМ, СО ГОИН, ЮЗНИРО – накоплены значительные массивы океанологических данных, полученных в Черном, Азовском, Средиземном морях и других районах Мирового океанах. Они охватывают более чем вековой период – с конца XIX в. по настоящее время.

В этих организациях (в первую очередь в МГИ и ИнБЮМ, которые имеют опыт функционирования как NODC, соответственно, по физической океанографии и морской биологии), в рамках многочисленных национальных и международных проектов накоплен значительный опыт по разработке и созданию баз и банков океанографических данных, информационных продуктов и систем обеспечения пользователей океанографической информацией.

МГИ. Банк океанографических данных (БОД) МГИ содержит данные по гидрологии, гидрохимии, течениям, гидрооптике и др., полученные в рейсах научно-исследовательских судов МГИ и других организаций, а также данные дрейфтерных и спутниковые наблюдений. Распределение океанографических станций по регионам приведено в таблице 1.

Таблица 1. БОД МГИ – Распределение океанографических станций по регионам

виды данных	количество станций					
	моря			океаны		
	Черное	Азовское	Средиземное	Атлантический	Индийский	Тихий
Гидрология	160250	7000	12000	1800	2600	214
Гидрохимия	43500	400	4000	2000	670	30

Особое место в БОД МГИ занимает специализированная база данных «Черное море», которая включает все доступные данные, полученные научными судами России, Украины, Болгарии, Турции, США, Франции, Румынии, Дании и других стран. База данных «Черное море» объединяет ряд баз по отдельным параметрам. Ниже приведена краткая информация о некоторых из этих баз.

База гидрологических данных является наиболее полной в мире и содержит информацию по температуре и солености с 1890 по 2014 гг.

База гидрохимических данных включает информацию по 20 химическим параметрам, в том числе: щелочность, рН, кислород, сероводород, силикаты, нитраты, нитриты, фосфаты.

База дрейфтерных наблюдений включает более 44 тыс. профилей температуры (более 390 тыс. горизонтов) и свыше 144 тыс. измерений температуры поверхности моря.

Климатическая информация представлена в виде Климатического атласа Чёрного моря, который состоит из 7 разделов и включает более 500 климатических карт.

ИнБЮМ. Банк гидробиологических данных ИнБЮМ содержит обширную информацию по гидрологии, гидрохимии и биологическим показателям (первичная продукция, фотосинтетические характеристики фитопланктона, количество хлорофилла и растворенного органического вещества и др.) по Черному морю, Индийскому и Атлантическому океанам.

Работы по поиску, спасению и обеспечению доступа к морским биологическим данным продолжаются, в том числе и в рамках различных международных программ и проектов. Примерами могут служить проект «База данных биолуминесцентных полей Мирового океана», результатом которого стала база данных на CD-ROM «The database on the bioluminescence field on the World's Ocean», включающая данные, полученные в Атлантическом, Тихом и Индийском океанах, Средиземном, Черном, Норвежском и Баренцевом морях по гидрологии, гидрохимии, гидробиологии, биолуминесценции и проект «Биоразнообразие и биовариабельность планктона Индийского и Атлантического океанов» (CD-ROM «Plankton Biodiversity and Biovariability in the Indian and Atlantic Oceans»).

Всего при участии сотрудников института создано свыше двадцати различных баз данных, распространяемых на CD-дисках или имеющих on-line доступ.

СО ГОИН (с 1991 по март 2014 гг. МО УкрНИГМИ). Располагает данными гидрологических (температура и соленость, течения) и гидрохимических (pH, щелочность, окисляемость, содержание растворенного кислорода и сероводорода, концентрация взвешенного вещества, минерального и общего фосфора, минеральных форм и общего азота, силикатов) наблюдений, а также данными о содержании загрязняющих веществ (нефтяные углеводороды, фенолы, синтетические поверхностно-активные вещества, тяжелые металлы, хлорорганические пестициды и полихлорированные бифенилы) с 1960 по 2014 гг. Эти данные охватывают:

- открытые районы Черного, Азовского и Средиземного морей – экспедиционные данные СО ГОИН, в том числе по программе «Вековые разрезы» (Черное море);

- прибрежные районы Крымского п-ова (бухты и взморье Севастополя, Феодосийский залив) – экспедиционные данные СО ГОИН;

- прибрежные районы Черного и Азовского морей – экспедиционные данные сетевых подразделений Гидрометслужбы СССР, Украины (с 1991 г.), тематические экспедиционные данные СО ГОИН.

ЮгНИРО. Базы данных содержат информацию по физической океанографии, гидрохимии, зоопланктону и другим параметрам, представленным в таблице 2.

Океанологические данные, хранящиеся в мореведческих организациях Крыма, послужили информационной основой при проведении целого ряда фундаментальных и прикладных исследований,

Таблица 2. Краткая справка по базам данных ЮгНИРО

район	виды данных	годы	кол-во станций	формат хранения
Черное и Азовское моря	Физическая океанография и гидрохимия	1955 – 2005	19157	Форматированные текстовые файлы (форма 01/ТГМ-3М); MySQL; ODV
	Зоопланктон	1963 – 1998	8338	Форматированные текстовые файлы (форма 62)
Мировой океан	Физическая океанография и гидрохимия	1950 – 1998	53175	Форматированные текстовые файлы (SD2/ТГМ-3М)
	Физическая океанография (CTD, MBT, EBT)	1964 – 2001	61347	Форматированные текстовые файлы
	Зоопланктон	1963 – 1998	10611	Форматированные текстовые файлы (форма 62)
	Метеоданные	1959 – 1998	75796	Форматированные текстовые файлы (форма 05)

а также при создании различных информационных продуктов.

В новых реалиях результаты многолетней работы этих организаций, созданные банки и базы данных, информационные продукты могут быть востребованы в рамках различных проектов ФЦП «Мировой океан» и, в частности, интегрированы в единую государственную систему информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО).

ИНФОРМАЦИОННО-ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОБЕРЕЖИЙ БЕСПРИЛИВНЫХ МОРЕЙ

К.Н.Макаров, С.Ю.Дроботько

Сочинский государственный университет туризма и курортного дела, г.Сочи
ktk99@mail.ru

Рассматриваются структура и состав информационно-прогностической автоматизированной системы береговой зоны бесприливных морей (ИПАС), а также ее опытный образец для участка берега в пределах Центральной части г.Сочи. Система состоит из базы данных и прогностического модуля, объединенных интеллектуальным интерфейсом. Разработаны структура и состав указанных компонентов системы, интеллектуальный интерфейс, выполнено наполнение

базы данных для опытного образца. Доклад подготовлен по материалам внутренней НИР СГУ.

Процесс принятия решений в вопросах берегозащитных мероприятий, также как и в большинстве других направлений деятельности человека, связанных с вмешательством в природную среду, представляет собой ситуацию, в которой последствия любых действий в точности не известны. Это происходит потому, что последствия действий зависят помимо чисто гидролитодинамических факторов и метода управления, еще от ряда событий, которые мы не можем контролировать или достаточно точно предвидеть, а их исходы неизбежно отразятся на результатах действий по управлению береговыми процессами. Как правило, в таких задачах не существует алгоритма выбора оптимального решения, и мы имеем дело с неформализованными задачами, решение которых может лишь приближаться к оптимальному с некоторой долей вероятности, зависящей от многовариантности проработки. В этой связи, применение ИПАС как систем, позволяющих в сжатые сроки проработать большое количество вариантов, в значительной степени повышает вероятность принятия решения, близкого к оптимальному.

Разработанная ИПАС для побережий морей, крупных озер и водохранилищ является объектно-ориентированной на инженерные мероприятия в береговой зоне. Система состоит из трех частей: база данных (БД), прогностическая система (ПС), интеллектуальный интерфейс.

Схематично порядок работы системы можно представить в следующей последовательности. Имеется природный объект, в данном случае – побережье. За объектом ведутся наблюдения, данные которых через интеллектуальный интерфейс передаются в базу данных. После накопления (сбора) необходимых данных опять же через интерфейс, они передаются для обработки в прогностическую часть системы. В результате производится прогноз развития берегового процесса во времени и в пространстве в естественных (существующих) условиях.

В случае если требуется изменение естественного хода процесса, Лицо, принимающее решения (ЛПР) формирует ряд возможных вариантов воздействия на объект. Последствия воздействия анализируются прогностической системой. В результате выдаются варианты последствий воздействия. ЛПР принимает управленческое решение о варианте воздействия. Решение выполняется. За результатом воздействия ведутся наблюдения, результаты которых вновь поступают в БД и к ЛПР. ЛПР принимает решение о прекращении,

изменении или продолжении воздействия. Во всех случаях решение анализируется прогностической частью системы, корректируется, выполняется и т.д.

База данных и система управления ею – СУБД – это информационная часть системы. Она должна обеспечить ввод, хранение, преобразование и представление в требуемых форматах соответствующей информации.

Прогностическая часть системы должна обеспечивать прогноз развития береговых процессов в естественном состоянии и под влиянием различного рода антропогенных воздействий, как специально производимых для управления береговым процессом (берегозащитные и регулирующие мероприятия), так и осуществляемых для других целей (портовое строительство, водозаборы, водовыпуски, нефте- и газопроводы и т.п.). На основе прогноза будут приниматься оптимальные решения по управлению береговыми процессами.

Все указанные компоненты системы разработаны в общем виде. Кроме того, разработан опытный образец ИПАС для участка берега в центральной части г.Сочи от «Парк отеля» до устья р. Сочи.

МОРСКАЯ СЛУЖБА ПРОГРАММЫ КОПЕРНИКУС И ЕЕ РЕАЛИЗАЦИЯ НА ЧЕРНОМ МОРЕ

Г.К.Коротаев, Ю.Б.Ратнер, М.В.Иванчик, А.Л.Холод

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь

Морская служба программы Коперникус (ранее ГМЕС) должна начать свою работу с апреля 2015 г. Эта служба будет работать как в масштабах Мирового океана, так и для всех европейских морей, включая Черное море. Прототипом службы Коперникус является система тематических и прогностических центров проектов Седьмой Рамочной программы «Мой Океан» и «Мой Океан 2». Продукты созданной системы дают возможность оценивать экологическое состояние Черного моря, позволяют решать задачи безопасности мореплавания, морских спасательных операций и оценки изменчивости климата.

В настоящее время черноморский центр мониторинга и прогноза (ЧМЦМП) как элемент единого европейского центра морских прогнозов проекта «Мой Океан» функционирует на базе Морского гидрофизического института. В его состав входит модуль оперативного прогнозирования состояния морской среды и модуль распространения и отображения результатов морских прогнозов. В составе

центра функционирует комплекс программно-аппаратных средств, предназначенных для поддержания внутренних и внешних сетей обмена данными. В Черноморском центре имеется также сервисная служба, которая осуществляет контроль работы автоматической системы диагноза и прогноза и поддерживает ее функционирование.

Продукты ЧМЦМП основаны на расчетах по гидродинамической, биооптической, экологической и волновой моделям. Доступ к продуктам ЧМЦМП, включающим температуру, солености, скоростей течений, уровне моря, коэффициенте поглощения света морской водой, концентраций фитопланктона и нитратов, осуществляется через центральный WEB-портал проекта «Мой Океан» <http://www.myocean.eu> на бесплатной основе.

Продукты ЧМЦМП используются океанографическими организациями Болгарии, Грузии, России, Румынии и Украины для подготовки прибрежных морских прогнозов с повышенным пространственным разрешением. Также на основе данных ЧМЦМП работает системы оперативного прогноза распространения нефтяных разливов в Черном море.

Осенью 2014 г. предполагается участие ЧМЦМП в тендере на обеспечение черноморского региона продуктами Морской службы программы Коперникус.

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ДИАГНОЗА И ПРОГНОЗА ТЕРМОХАЛИННОЙ СТРУКТУРЫ, ДИНАМИКИ ВОД И ПЕРЕНОСА ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ЧЕРНОМ МОРЕ

А.В.Григорьев¹, А.Г.Зацепин²

¹ФГБУ «Государственный океанографический институт им. Н.Н.Зубова», г.Москва

²Институт океанологии им. П.П.Ширишова РАН, г.Москва

Численное моделирование динамики и термохалинной структуры вод Черного моря в ГОИНе осуществлялось на основе широко известной численной модели Princeton Ocean model (POM), адаптированной для условий региона. Региональная модель российской зоны моря была совмещена с крупномасштабной моделью Морского гидрофизического института (МГИ, Севастополь) с использованием технологии «вложенных сеток». Разрешение региональной модели - ~1 км по горизонтали при 18 слоях в сигма-координатах. Горизонтальное разрешение модели МГИ ~ 5 км. Модель МГИ использует

усвоение спутниковых данных альтиметрии и температуры поверхности моря, а также метеоданные (напряжения ветра, потоки тепла и массы), получаемые в рамках европейского сотрудничества. ГОИН получает необходимые граничные условия для региональной российской модели с сервера МГИ в ежедневном режиме и производит диагностические и прогностические (на 3 суток) расчеты термохалинной структуры и динамики вод региона. Как показали результаты расчетов и их сравнение с натурными (контактными и дистанционными данными), модель воспроизводит не только вихри с характерным горизонтальным масштабом ~ 100 км, но и расположенные на свале глубин вихри с масштабом ~ 10 км.

В качестве контактных измерений использовались данные, полученных НИС «Профессор Штокман» Института океанологии (ИО РАН) в период 9 марта – 2 апреля 2009 г. Качественно модельные и наблюдаемые профили температуры и солёности весьма схожи. Для солёности разница в значениях имеет порядок 0,1 ‰, для температуры – тот же порядок в градусах на глубине. Максимум различия температур наблюдается на поверхности – примерно $1,5^{\circ}\text{C}$ (рис.1, а).

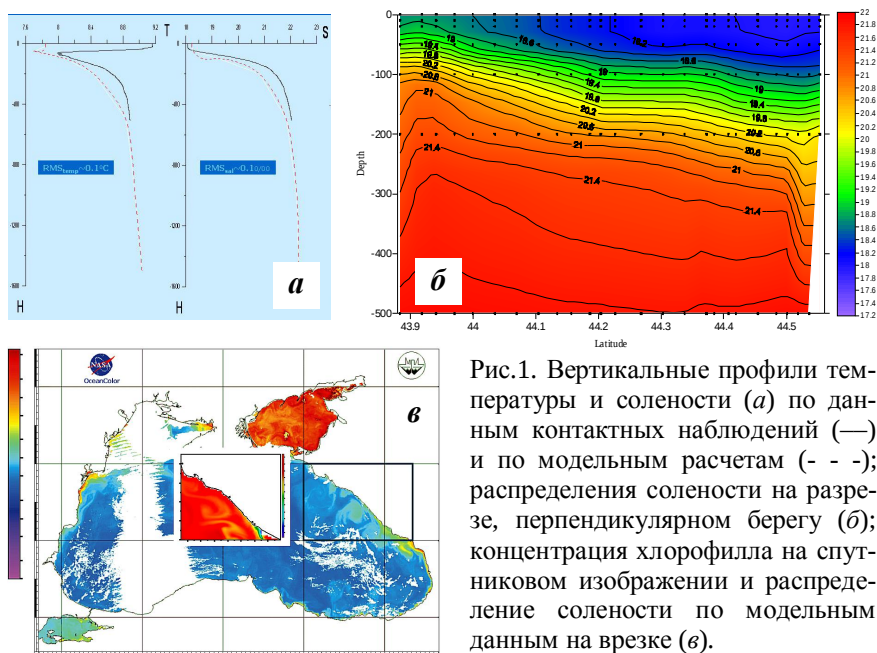


Рис.1. Вертикальные профили температуры и солёности (а) по данным контактных наблюдений (—) и по модельным расчетам (---); распределения солёности на разрезе, перпендикулярном берегу (б); концентрация хлорофилла на спутниковом изображении и распределение солёности по модельным данным на врезке (в).

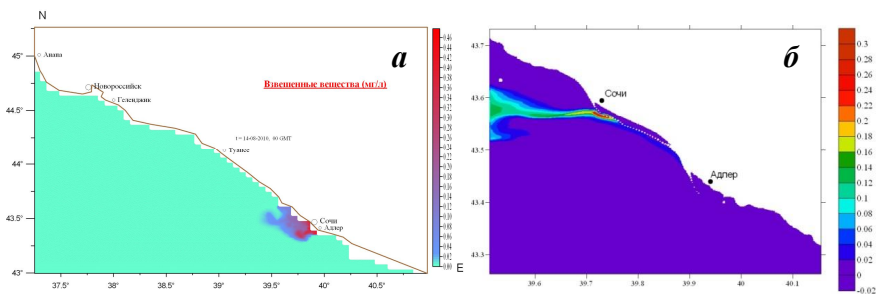


Рис.2. Распространение разового сброса загрязнений в р. Мзымта.

На разрезе солености хорошо выражен прогиб изолиний в области шельфа-склона (правый край рис.1, б), вызванного наличием антициклонального вихря с пространственными размерами порядка ~ 10 км. Синоптические вихри, отражаемые в поле солености (модель) и концентраций хлорофилла А (спутниковые наблюдения), демонстрируют высокое соответствие по пространственным размерам и горизонтальному расположению (рис.1, в).

В целом, по мнению авторов, модельные оценки термохалинной структуры и динамики вод региона физически адекватны и в качественном и количественном аспектах достаточно хорошо соответствуют данным натурных наблюдений. Поэтому построенные модели могут быть использованы в рамках задач оперативной океанографии, а также для экологических оценок. В частности, расчетах переноса загрязнений. На рис.2 в качестве примеров приведены результаты расчетов переноса разового выброса взвеси от р.Мзымта в российской зоне Черного моря (рис.2, а) и в районе Большого Сочи (рис.2, б).

РЕГИОНАЛЬНАЯ ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ С УЧЕТОМ ДИНАМИЧЕСКИХ И НЕКОТОРЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

А.А.Кордзадзе, Д.И.Деметрашвили

*Институт геофизики им. М.Нодиа,
Тбилисский государственный университет им. Ив.Джавахишвили,
Тбилиси akordzadze@yahoo.com, demetr_48@yahoo.com*

С 2011 г. в Институте геофизики им. М.Нодиа Тбилисского государственного университета им. Ив.Джавахишвили функционирует региональная система прогноза динамического состояния восточной

части Черного моря (жидкая граница проходит вдоль 39.08° в.д.) во времени, близком к реальному (А.Кордзадзе, Д.Деметрашвили, 2011; 2012; 2013). Региональная система, которая является одним из компонентов системы диагноза и прогноза состояния Черного моря в масштабах всего бассейна, основана на региональной модели динамики моря с горизонтальным разрешением 1 км, которая, используя метод “вложенных сеток”, совмещена с крупномасштабной моделью Морского гидрофизического института (г.Севастополь) с разрешением 5 км. Анализ результатов моделирования и 3-х дневных прогнозов динамических процессов, развивающихся в восточной части Черного моря, способствовал лучшему пониманию особенностей формирования и эволюции региональной циркуляции в одном из динамически активных регионов Черного моря и обогащению наших знаний об этих процессах.

Региональная система прогноза состояния моря является базой для развития комплексной системы моделирования и прогноза, которая позволит в дальнейшем предсказывать не только динамические процессы, но и в случае необходимости – зоны распространения нефтепродуктов и других загрязняющих веществ; установить местоположение источника загрязнения по известным концентрациям в некоторых пунктах верхнего слоя моря и т.д.

В настоящей работе региональная система краткосрочного прогноза состояния восточной акватории Черного моря расширена путем включения в систему модели распространения нефтяного загрязнения в качестве одного из модуля системы. Наш подход к воспроизведению переноса нефтяной пленки на морской поверхности основывается на численном решении двумерного уравнения переноса – диффузии для неконсервативной примеси с использованием реального нестационарного поля течения, рассчитанного в гидродинамическом блоке региональной системы прогноза. Учитывается пространственно-временное изменение поля турбулентности, а уменьшение нефтяных концентраций из-за испарения и других физико-химических факторов описывается косвенно с помощью соответствующего задания параметра неконсервативности. Для решения уравнения переноса-диффузии используется двучиклический метод расщепления по пространственным координатам.

Модели динамики и нефтяного загрязнения используют сетку, имеющую 215×347 точек по горизонтали. В модели динамики по вертикали берется 32 расчетных уровня с неравномерными верти-

кальными шагами (минимальный шаг 2 м у поверхности, максимальный – 100 м в глубинных слоях ниже 200 м). Временной шаг в обеих моделях – 0,5 ч. С целью расчета переноса нефтяного пятна в случае необходимости, в модели вводятся координаты местоположения источника, количество разлитой на поверхности моря нефти и продолжительность разлива.

Анализ результатов расчета прогноза динамических процессов показывает, что циркуляционные процессы, развивающиеся в рассмотренной части морского бассейна, характеризуются значительной внутригодовой и межгодовой изменчивостями, выражающееся в непрерывном зарождении и эволюции циклонических и антициклонических субмезомасштабных и мезомасштабных вихревых образований, начиная с малых береговых вихрей с диаметром примерно 5 км до вихрей с диаметром порядка 100 км.

Численные эксперименты по моделированию переноса нефтяного загрязнения показали, что циркуляционный режим и местоположение точки разлива во многом определяют характер переноса нефтяного загрязнения.

Дальнейшее усовершенствование модели переноса нефтяного пятна связано с явным учетом некоторых физико-химических факторов, в том числе с обобщением модели на трехмерный случай, что позволит учитывать процессы седиментации и дисперсии по вертикали.

Представленные в данной работе исследования выполнены в рамках гранта национального научного фонда им. Шота Руставели (контракт № 30/07).

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ МГИ

А.С.Кузнецов¹, В.В.Долотов², С.И.Казаков¹

¹*Экспериментальное отделение*

Морского гидрофизического института, пгт.Кацивели

²*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь*

Представлены результаты работ, выполненных в ЭО МГИ и МГИ в течение нескольких последних лет в рамках научных тем Целевых комплексных программ научных исследований НАН Украины.

Цель работы: формирование, развитие и поддержка субрегиональной ресурсно-ориентированной информационно-аналитической

системы сбора, обработки, хранения и использования океанологической, геолого-геофизической информации, с целью пополнения новыми данными наблюдений в акватории Черноморского экспериментального полигона.

Дается краткое описание технических средств контроля среды в районе полигона, исторических архивов данных наблюдений, текущего состояния и перспектив развития информационной системы.

Центральным элементом этой системы является создаваемая база данных наблюдений за состоянием среды экспериментального полигона. В нее входят как исторические, так и текущие данные мониторинга прибрежной зоны. На сегодняшний день в базу данных загружены такие параметры, как данные Medgloss-станции (уровень моря, атмосферное давление, температура воды), уровень моря (мареограф – исторические и текущие данные). Подготовлен программный блок для загрузки данных о динамике вод в районе океанографической платформы. Имеется еще ряд массивов исторических данных, которые планируется загрузить в базу данных.

Основные результаты работы:

- создана информационная база наблюдений, которая позволяет в автоматическом режиме усваивать данные современных приборов, сохранять данные архивных наблюдений старыми приборами, контролировать их качество и выдавать заказчику в удобном для дальнейшего использования виде;
- описана процедура развития информационной базы наблюдений, включающая в себя возможность интеграции результатов наблюдений за параметрами морских прибрежных течений на Черноморском экспериментальном полигоне в районе стационарной океанографической платформы.

АДАПТАЦИЯ МОДЕЛИ НЕМО ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГНОЗОВ В ЧЕРНОМ МОРЕ

А.И.Мизюк, Г.К.Коротаев, Ю.Б.Ратнер

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
artem.mizyuk@gmail.com

Численное моделирование динамики Черного моря – одна из основных задач, которые выполняются в Морском гидрофизическом институте (МГИ). Довольно большое количество моделей циркуляции были разработаны и используются здесь в течение последних

двух десятилетий. Участие института в таких проектах Европейских рамочных программ, как ECOOP, SESAME, MyOcean и MyOcean 2 привело к созданию Центра морских прогнозов в Черном море на базе Отделения оперативной океанографии МГИ [1]. Таким образом, исследования в этом направлении стали ещё более актуальными.

В основе системы диагноза и прогноза в настоящий момент используется численная модель циркуляции Черного моря, представленная в работе [2]. Так называемая оперативная модель МГИ работает в режиме 4 суток диагноза – 5 суток прогноза («-4/+5»). На этапе диагноза используется ассимиляция имеющихся данных наблюдений: спутниковой температуре морской поверхности и альтиметрического уровня, а также контактных измерений с буев-профилемеров ARGO. Кроме ассимиляционной модели автоматизированная система включает в себя модули загрузки/выгрузки различных данных, например данных наблюдений, информации об атмосферном воздействии и т.д. Отметим, что кроме разработки собственных инструментов, перспективной оказалась задача адаптации для бассейна Черного моря широко известных зарубежных моделей общей циркуляции океана (например, модели POM [3]). Данная модель была настроена для выполнения прибрежных морских прогнозов в некоторых регионах на основе результатов выше упомянутой модели, полученных для всего Черного моря.

Настоящая работа посвящена адаптации к системе диагноза и прогноза трехмерной численной нелинейной модели ОРА [4]. Данная модель является составляющей европейского проекта по численному моделированию океана NEMO (Nucleus for European Modelling of the Ocean). Кратко приведено описание используемой конфигурации. Отметим, что создание конфигурации модели для бассейна Черного моря было начато в рамках проекта MyOcean [5]. Отметим, что расчетный домен аналогичен оперативной модели МГИ: регулярная сетка с пространственным разрешением 5 км. По вертикали используется 38 неравномерно распределенных по глубине z-горизонтов. Шаг по времени – 10 минут. Основным отличием является включение Азовского моря с явным разрешением Керченского пролива. Используется отличная от модели МГИ схема параметризации вертикального турбулентного перемешивания.

При реализации взаимодействия модели был решен ряд научных и технических задач. В частности,

– использованы алгоритмы ассимиляции имеющихся данных

наблюдений в модели,

– на основе серии численных экспериментов выполнена настройка модели,

– реализованы два режима задания граничных условий: 1) явное задание касательного напряжения трения ветра, потоков тепла и воды и 2) так называемая балк-формула (расчет исходящих потоков тепла, влаги, а также расчет касательного напряжения трения ветра).

К техническим задачам можно отнести взаимодействие различных операционных систем (семейства GNU/Linux и Windows), а также создания аналога системы проведения численных расчетов по циклу «-4/+5» для модели NEMO.

Выполнена валидация модели за тестовый период 1 января 2012 г. по 5 января 2013 г. Анализ статистических характеристик, полученных по измерениям с буев-профиломеров показал улучшение качества прогноза по температуре на верхних горизонтах (0 – 5 м). В слоях 5 – 30 и 30 – 100 м качество прогноза по модели NEMO несколько хуже. Глубже 100 м характеристики приблизительно одинаковы. Таким образом, необходимы дополнительная настройка параметризации перемешивания, а также анализ схемы ассимиляции контактных измерений. Валидация, выполненная по другим видам измерений, показала близкие значения статистических характеристик прогноза.

1. Баянкина Т.М., Иванчик М.В., Кубряков А.И., Ратнер Ю.Б., Холод А.Л., Воронина Н.Н., Плотников Е.В. Структура и результаты опытной эксплуатации многокомпонентной системы диагноза и прогноза динамики Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – Вып.19. – С.182-188.
2. Демьшев С.Г., Коротаев Г.К. Численная энергосбалансированная модель бароклинных течений океана с неровным дном на сетке C // Численные модели и результаты калибровочных расчетов течений в Атлантическом океане. – М.: ИВМ РАН, 1992. – С.163-231.
3. Кубряков А.И. Применение технологии вложенных сеток при создании системы мониторинга гидрофизических полей в прибрежных районах Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. – 2004. – вып.11. – С.31-50.
4. Madec G., Delecluse P., Imbard M., Levy C. OPA 8 ocean general circulation model – reference manual // Tech.rep., LODYC/IPSL Note11. – 1998. – 97 p.

5. Demyshev S., Knysh V., Korotaev G., Kubryakov A., Mizyuk A. The MyOcean Black Sea from a scientific point of view // Mercator Ocean Quarterly Newsletter.– 2010.– № 39.– P.16-24.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕЧЕНИЙ ЧЕРНОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ЦИРКУЛЯЦИИ НЕМО

М.В.Сендеров, А.И.Мизюк

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
smvdonetsk1@rambler.ru*

Численное моделирование циркуляции моря с высоким пространственным разрешением – одна из основных задач современной океанологии. Сложность проведения расчетов при её решении обусловлена в первую очередь большим размером расчетного домена модели. Поэтому возникает необходимость использования параллельных вычислений с применением технологии доменного разложения. С появлением высокопроизводительного вычислительного кластера в Морском гидрофизическом институте (МГИ) [1], а также доступа к суперкомпьютеру «Ломоносов» Московского государственного университета, такие работы стали актуальными и для бассейна Черного моря.

Отметим, что в МГИ длительное время создаются и развиваются различные численные модели динамики океана. Актуальными являются нелинейные 3-х мерные модели циркуляции Черного моря: z-координатная модель МГИ, разработанная Демышевым и Коротаевым [2, 3], и σ -координатная модель РОМ [4], адаптированная к бассейну Черного моря Кубряковым [5].

Отметим, что эти модели уже успешно применяются для воспроизведения субмезомасштабной изменчивости гидрофизических полей (в частности, прибрежной циркуляции) посредством перехода на более высокое пространственное разрешение (≈ 2 км) [3,5].

Настоящая работа посвящена адаптации гидродинамического блока системы моделирования океана NEMO (Nucleus for European Modelling of the Ocean) [6]. Данная модель успешно использовалась для моделирования общей циркуляции как Мирового Океана, так и Черного моря [7].

За основу в работе взята первая версия конфигурация для Черного моря, полученная в Отделении оперативной океанографии МГИ в рамках проекта FP 7 MyOcean [8]. В ней использовалась регулярная сетка, равномерно покрывающая бассейны Черного и

Азовского моря с шагом 5 км. По вертикали использовались 38 неравномерно распределенных по глубине z-горизонтов. Шаг по времени равнялся 10 минутам. Во второй конфигурации пространственный шаг сетки был уменьшен до 2,5 км. Z-горизонты задавались особой функцией, с целью увеличения разрешения по вертикали (50 горизонтов). Шаг по времени 1 минута. В качестве внешнего воздействия в модели используются результаты атмосферного реанализа, полученного в отделе взаимодействия атмосферы и океана (ВАО МГИ). В результате численного эксперимента были получены данные с 1 января 2005 по 1 января 2006 г. Отметим, что значительное увеличение расчетного домена не позволяет выполнять расчет на персональном компьютере (ПК). Поэтому расчеты выполнялись на основе параллельной версии модели, реализованной на суперкомпьютере Ломоносов, с применением технологии доменного разложения. Предварительные расчеты и анализ увеличения производительности показали приемлемые результаты на 64 ядрах. Таким образом, 1 год воспроизведения динамики с разрешением 2,5 км (домен $576 \times 394 \times 50$), с учетом шага по времени 1 минута составил 40 часов.

Предварительный анализ результатов моделирования показал адекватное воспроизведение общей циркуляции Черного моря. При сопоставлении гидрофизических полей, полученных в двух конфигурациях, отмечается наличие большего числа мезомасштабных вихрей справа от Основного черноморского течения при разрешении 2,5 км (ОЧТ). Более выражено меандрирование струи ОЧТ.

Таким образом, показано, что имеется возможность улучшения качества реконструируемых гидрофизических полей, то есть воспроизведения субмезомасштабных процессов, посредством увеличения пространственного разрешения. Машинное время при этом остается сопоставимым с временем, используемым при расчетах с низким пространственным разрешением на обычных ПК, которые остаются весьма популярными в МГИ.

1. *Фомин В.В., Бородин Д.В., Иванов В.А.* Вычислительный кластер Морского гидрофизического института НАН Украины // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010. – С.121-123.
2. *Демьшиев С.Г., Коротаев Г.К.* Численная энергосбалансированная модель бароклинных течений океана с неровным дном на сетке C // Численные модели и результаты калибровочных расчетов течений в Атлантическом океане. – М.: ИВМ РАН, 1992. – С.163-231.
3. *Демьшиев С.Г., Дымова О.А.* Моделирование циркуляции Черного моря

с высоким пространственным разрешением // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь, 2011.– вып.25, т.2.– С.114-134.

4. *Blumberg A. F., Mellor G. L.* A description of a three-dimensional coastal ocean model. In *Three Dimensional Shelf Models // Coastal Estuarine Sci.*– vol. 5. Edited by N. Heaps.– AGU, Washington D.C., 1987.– 4.– P.1-16.
5. *Кубряков А.И.* Применение технологии вложенных сеток при создании системы мониторинга гидрофизических полей в прибрежных районах Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2004.– вып.11.– С.31-50.
6. *Gurvan Madec, the NEMO team* NEMO ocean engine // Note du Pole o de mod lisation, Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL), France.– January 2012.– № 27.– version 3.4.
7. *Grayek S., Stanev E.V., Kandilarov R.* On the response of Black Sea level to external forcing: altimeter data and numerical modelling // *Ocean Dynamics.* – 2010.– № 60.– P.123-140.
8. *Demyshev S., Knysh V., Korotaev G., Kubryakov A., Mizyuk A.* The MyOcean Black Sea from a scientific point of view // *Mercator Ocean Quarterly Newsletter.*– 2010.– № 39.– P.1624.

РЕАНАЛИЗ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ЧЕРНОГО МОРЯ В 1980 – 1993 ГГ. С АССИМИЛЯЦИЕЙ СРЕДНЕГОДОВЫХ И СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ СОЛЕННОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ

П.Н.Лишаев

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь

Реанализ крупномасштабных гидрофизических полей Черного моря, выполненный по σ - и z-координатным моделям за период 1971 – 1993 гг. с ассимиляцией среднемесячных данных измерений температуры и солёности и с использованием атмосферных полей из глобального реанализа ERA-40 [1], показал, что тенденции межгодовой изменчивости температуры, солёности и кинетической энергии течений получены вполне реалистичными. Однако восстановленные гидрофизические поля моря характеризуются слабой синоптической изменчивостью. Причиной этого являются использовавшиеся при ассимиляции поля данных измерений температуры и солёности, сглаженные вследствие применения специальной методики их получения [2]. Кроме того, пространственное разрешение атмосферных

полей, задававшихся в качестве граничных условий, было достаточно грубым ($2,5 \times 2,5^\circ$). Поэтому задача проведения реанализа за последние 33 года (1980 – 2012 гг.) с учетом модельных расчетов и наблюдающихся в структурах гидрофизических полей моря синоптических вихрей становится весьма актуальной. Адекватно восстановленные гидрофизические поля, их сезонная и межгодовая изменчивость необходимы для изучения климата моря и создания трехмерных экологических моделей.

В данной работе реанализ гидрофизических полей Черного моря воспроизводится за период 1980 – 1993 гг. с использованием вихререзающей нелинейной модели МГИ. Атмосферные поля брались из реанализа *ERA-Interim* с пространственным разрешением $0,75 \times 0,75^\circ$. Модельные значения температуры и солёности корректировались в первом варианте реанализа среднегодовыми профилями, во втором – среднемесячными профилями этих параметров, полученными по данным реанализа за 1971 – 1993 гг. [3], что позволило воспроизвести межгодовую и сезонную изменчивость полей моря и реалистичное распределение термохалинных параметров в постоянном галоклине и главном пикноклине. Среднегодовые и среднемесячные профили температуры и солёности получены на основе модифицированной однопараметрической связи полей плотности (солёности, температуры) и полей динамического уровня. Выполнен анализ сезонной и межгодовой изменчивости средних по слоям температуры, солёности, кинетической энергии, а также средней по горизонтам температуры. Проведено сопоставление полей рассчитанного и альтиметрического уровней.

В слое 0 – 300 м четко проявляется межгодовая изменчивость средней по горизонтам температуры. Тенденции изменчивости средней в слое 0 – 300 м температуры качественно совпадают с таковыми по результатам реанализа за 1971 – 1993 гг., наиболее обеспеченные данными наблюдений.

Среднемесячные профили невозмущенной температуры в большей степени отслеживают холодозапас ХПС в соответствии со шкалой зимних термических условий в атмосфере, чем среднегодовые. Профили солёности отражают характерную изменчивость ее в постоянном халоклине.

Линейные тренды средней солёности в слое 100 – 250 м по данным реанализов с ассимиляцией среднегодовых и среднемесячных профилей и реанализа за 1971 – 1993 гг. положительны и качествен-

но одинаковы. Данные обоих реанализов за 1980 – 1993 гг. подтверждают распределение вод верхнего слоя моря.

Выявленная в реанализах синоптическая изменчивость в период 1980 – 1993 гг. характеризуется наличием известных антициклонических вихрей справа от Основного Черноморского течения и интенсивных вихревых образований в циклонических круговоротах.

Сопоставление расчетного и альтиметрического уровней моря позволяет заключить, что интенсивность поверхностных геострофических течений градиентной природы в антициклонах альтиметрического уровня выше, чем интенсивность аналогичных течений в антициклонах уровня, восстановленного по модели. Синоптические вихревые структуры присутствуют в полях расчетного и альтиметрического уровней, но по фазе они не всегда совпадают.

При воспроизведении синоптической изменчивости гидрофизических полей по предложенной методике необходимо учитывать сезонную изменчивость ассимилируемых в модели профилей невозмущенных температуры и солености.

1. *Кныш В.В., Коротаев Г.К., Моисеенко В.А. и др.* Сезонная и межгодовая изменчивость гидрофизических полей Черного моря, восстановленных на основе реанализа за период 1971 – 1993 гг. // Изв. РАН: Физика атмосферы и океана.– 2011.– 47, № 3.– С.433-446.
2. *Моисеенко В.А., Белокопытов В.Н.* Оценка качества массива данных гидрологических измерений, подготовленного для решения задачи реанализа состояния Черного моря за период 1985 – 1994 гг. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008.– вып.16.– С.184-189.
3. *Кныш В.В., Коротаев Г.К., Мизюк А.И. и др.* Усвоение гидрологических наблюдений для расчета течений в морях и океанах // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана.– 2012.– 48, № 1.– С.67-85.

РЕКОНСТРУКЦИЯ МЕЗОМАСШТАБНОЙ И СУБМЕЗОМАСШТАБНОЙ ДИНАМИКИ ВОД И АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК У ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА

С.Г.Демьшев, О.А.Дымова

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь

Актуальность исследования мелкомасштабной динамики вод определяется, прежде всего, хозяйственными и экологическим ас-

пектами деятельности человека на прибрежных территориях. Современные контактные и спутниковые исследования [1, 2] убедительно свидетельствуют о существенном вкладе мезо- и субмезомасштабных вихрей и течений в динамику прибрежной циркуляции Черного моря. Одним из методов исследования этих процессов является численное моделирование циркуляции вод с высоким (порядка 1 км) пространственным разрешением. Целью данной работы было реконструировать трехмерные поля уровня, скоростей течений, температуры и солености и исследовать динамические и энергетические характеристики циркуляции вод Черного моря.

С помощью численной нелинейной вихреразрешающей модели МГИ [3] выполнен прогностический эксперимент по моделированию циркуляции Черного моря в 2006 г. Расчеты проводились на горизонтальной сетке $1,6 \times 1,6$ км, по вертикали использовалось 27 горизонтов. Шаг по времени равнялся 1,5 мин. Коэффициенты турбулентности по вертикали вычислялись в соответствии с параметризацией Меллора-Ямады 2.5. На поверхности моря каждые сутки задавались поля тангенциального напряжения трения ветра, потоки тепла, осадки и испарение, полученные по модели «ALADIN». Также каждые сутки усваивались поля температуры поверхности моря, полученные по данным спутника NOAA. В начальный момент времени задавались поля уровня, скоростей течений, температуры и солености, полученные в рамках проекта «Оперативная океанография» и соответствовавшие 28 декабря 2005 г.

В результате численного эксперимента получены трехмерные поля термогидродинамических характеристик на каждые сутки 2006 г. Показано, что используемая модель воспроизводит вихревые процессы с пространственными масштабами порядка 10 км и временем существования несколько суток. Выделены районы Черного моря с наиболее интенсивной мезомасштабной изменчивостью. Показано, что у берегов Крыма периодически образуются антициклонические вихри диаметром до 20 км, временем жизни около 3 суток и со скоростями 10 – 15 см/с. У южного и юго-восточного побережья вихри наблюдаются до глубин 80 м. Для участка моря возле берегов Крыма выполнен анализ энергетических потоков в уравнениях изменения кинетической и потенциальной энергии. На основе оценки величины вкладов, составляющих баланс энергии, исследуется влияние различных физических механизмов на процесс формирования и эволюцию вихрей и течений.

1. Полонский А.Б., Джиганин Г.Ф. Структура и мезомасштабная изменчивость Основного Черноморского течения у побережья Крыма // Доповіді НАН України.– 2010.– № 6.– С.107-112.
2. Зацепин А.Г., Кондрашов А.А., Корж А.О., Кременецкий В.В., Островский А.Г., Соловьев Д.М. Субмезомасштабные вихри на кавказском шельфе Черного моря и порождающие их механизмы // Океанология.– 2011.– т. 51, № 4.– С.592-605.
3. Демьшев С.Г., Коротаев Г.К. Численная энергосбалансированная модель бароклинных течений океана на сетке C / Численные модели и результаты калибровочных расчетов течений в Атлантическом океане.– М.: ИВМ РАН, 1992.– С.163-231.

ВКЛАД ИНЕРЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ В ДИНАМИКУ ВОД НА ПРИМЕРЕ ШТОРМОВОЙ СИТУАЦИИ 24.03.2013 г. В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Н.А.Дианский^{1,2}, Е.В.Борисов², В.В.Фомин^{1,3}, И.М.Кабатченко¹

¹Государственный океанографический институт, г.Москва

²Институт вычислительной математики РАН, г.Москва

³Московский физико-технический институт, г.Москва

nikolay.diansky@gmail.com

Представлены результаты расчёта течений в период прохождения сильного шторма 22 – 28 марта 2013 г. в северо-восточной части Черного моря (ЧМ). Они выполнены с помощью модели морской гидротермодинамики Institute Numerical Mathematics Ocean Model (INMOM), реализованной для всей акватории Черного и Азовского морей (ЧАМ) с пространственным разрешением ~4 км. Эта версия INMOM служит главным компонентом реализованной в ФГБУ «ГОИН» системы оперативного диагноза и прогноза гидрометеорологических характеристик в акватории ЧАМ. В эту систему также включены Weather Research and Forecasting (WRF) модель для расчета атмосферного воздействия и Российская атмосферно-волновая модель (РАВМ) для расчета характеристик ветрового волнения. В период прохождения шторма сформировался обширный циклон с центром к северу от Азовского моря. Его южная периферия, охватывая практически все ЧМ, сформировала интенсивные воздушные потоки, вследствие которых юго-восточный ветер преобладал в восточной части ЧМ и имел скорость в открытой части моря свыше 20 м/с. При этом резкое усиление ветра произошло в ночь на

23.03.2014 г. Это усиление спровоцировало возбуждение инерционных колебаний со скоростями течения в зоне действия ветра до 100 – 120 см/с. Проведенные на этот период времени расчёты высоты ветрового волнения с помощью РАВМ показали резкий рост его интенсивности с высотами свыше 6 м. Это послужило основным фактором, который и привёл к разрушению берегоукрепительных сооружений в районе Имретинского побережья. При этом повышение уровня моря здесь не превышало 20 см, что, тем не менее, также способствовало разрушению береговых сооружений. Период колебаний скорости течения в активном слое соответствовал частоте Кориолиса. Поле инерционных колебаний скорости занимало всю открытую восточную часть ЧМ. Следуя физической природе инерционных колебаний поле скорости течений в слое 0 – 30 м спустя несколько часов после начала шторма, перестали соответствовать штормовому ветру, изменяя направление и скорость и формируя вихревые образования вдоль побережья и во всей восточной части моря. Показано, что возбуждение инерционных колебаний вызывается резким изменением скорости ветра. Приводится аналитическое соотношение, связывающее амплитуду скорости инерционных движений с резким изменением интенсивности ветра, подтвержденное численными расчетами. При этом интенсивные колебательные инерционные течения практически не оказывали влияния на изменения глубины скачка плотности и уровня моря. Последнее означает, что высокие скорости течений никак не проявляются на спутниковых картах уровня моря, использующихся, в частности, для оценки поля приповерхностной скорости в морях и океанах.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИБРЕЖНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ВОД В РАЙОНЕ ДЕЛЬТЫ ДУНАЯ В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ

М.В.Цыганова

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
mteresh@yandex.ru*

Сток Дуная составляет около 70 % общего речного стока в Черное море, и определяет экологическое состояние вод северо-западного шельфа. Данная работа посвящена моделированию прибрежной циркуляции вод в районе дельты Дуная в период весеннего

половодья при различных скоростях и направлениях ветра. В работе изучается влияние стока Дуная на гидрологические процессы в прибрежной зоне моря и формирование течений. Для решения этой задачи использовалась трехмерная численная модель ECOMSED [1], адаптированная к северо-западному шельфу Черного моря. Сезонная часть берегового течения Дуная зависит от сезонной изменчивости расходов Дуная, ветрового воздействия и влияния антициклонических вихрей и меандров основного черноморского течения на границе шельфа. Результаты моделирования показывают, что поток, распространяющийся вдоль берега в антициклоническом направлении, формирует береговое течение Дуная (БТД), которое переносит основную часть пресной воды, поступающей со стоком реки, остальная часть рециркулирует в окрестности устья Дуная. Моделировались несколько различных вариантов: рассматривались разные величины расхода Дуная, задавалась стратификация вод на шельфе для весеннего сезона; выбирались различные варианты ветрового воздействия. Для визуализации результатов численного моделирования используется компьютерная презентация эволюции БТД и термохалинных полей.

В численных экспериментах получены результаты, которые согласуются с данными долгосрочных наблюдений: при северном и северо-восточном ветре БТД распространялось вдоль побережья и в ряде случаев достигало турецкого шельфа. Во втором случае, при воздействии южных и юго-западных ветров распространение БТД в южном направлении блокировалась. Блокирование также может осуществляться и при наличии интенсивного антициклонического вихря в юго-западной части ЧМ, который часто наблюдается как по данными гидрологии, так и в поле температуры поверхности моря на изображениях со спутников NOAA AVHRR и SeaWiFS и аномалий уровня моря по данным альтиметрии.

Сопоставление результатов численных экспериментов с данными натурных наблюдений показало, что модель ECOMSED пригодна для моделирования распространения дунайских вод и динамических процессов на шельфе.

РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В АЗОВСКОМ МОРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОПРЯЖЕННЫХ УРАВНЕНИЙ

В.С.Кочергин, С.В.Кочергин, В.В.Фомин

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
vskocher@gmail.com*

Рассматривается задача идентификации начального поля концентрации пассивной примеси и мощности источника загрязнения при помощи вариационного алгоритма усвоения данных измерений [1]. Выполнены тестовые расчеты для акватории Азовского моря. Для изучения динамики распространения примесей необходимо использовать современные математические модели [2], и методы усвоения данных измерений, позволяющие идентифицировать параметры модели. Алгоритм усвоения данных измерений основан на минимизации квадратичного функционала качества прогноза, характеризующего отклонения модельного решения от измерений. При этом модель переноса пассивной примеси выступает в качестве ограничений на вариации входных параметров.

Численные эксперименты проводились с моделью [2] для акватории Азовского моря. Для тестирования вариационного алгоритма идентификации начальных данных был проведен расчет на установление модельного поля течений с постоянным ветром 10 м/с западного направления. Полученные поля скоростей и коэффициентов турбулентной диффузии использовались при интегрировании модели переноса пассивной примеси.

В качестве начального поля задавалось некоторое распределение концентрации. Поле, насчитанное при помощи модели [2], использовалось в качестве данных измерений при идентификации начального распределения. В результате итерационного процесса минимизации функционала качества прогноза, наблюдается достаточно быстрое падение его нормированного значения.

Моделирование распространения загрязнений от постоянно действующего источника единичной мощности проводилось при различном ветровом воздействии. Программный код предусматривает задание источника, как на поверхности моря, так и на дне. Рассмотрим второй случай для залива Казантип при восточном ветре. При восточном ветровом воздействии происходит достаточно интенсивное «проветривание» залива, и примесь распространяется в северо-западном направлении. При ассимиляции в качестве данных измерений исполь-

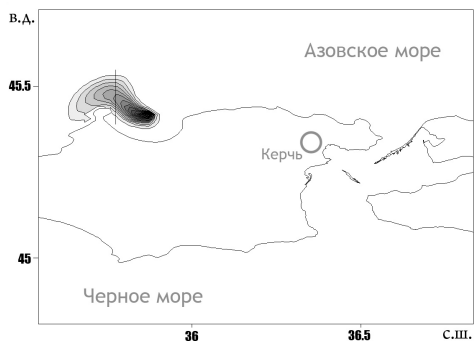


Рис.1. Поле концентрации при восточном ветровом воздействии.

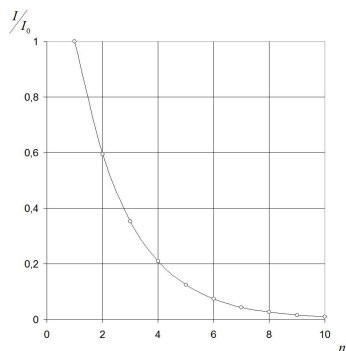


Рис.2. Падение нормированного функционала качества прогноза.

зуется информация с периферии области загрязнения (рис.1).

В процессе итераций происходит падение нормированного функционала качества прогноза (рис.2), и восстанавливается известное значение мощности источника. Результаты численных экспериментов показали, что сходимость итерационного процесса зависит от количества усваиваемой информации. В случае ассимиляции всей информации о моделируемом поле на конечный момент времени для достижения минимума функционала требуется одна итерация. Наибольшей информативностью обладают точки расположенные ближе к источнику загрязнения.

В результате применения вариационного алгоритма идентификации входных параметров модели переноса пассивной примеси, получена достаточно хорошая сходимость итерационного процесса и точность определения искомых величин.

1. Marchuk G.I., Penenko V.V. Application of optimization methods to the problem of mathematical simulation of atmospheric processes and environment // Modelling and Optimization of Complex Systems / Ed. G.I. Marchuk. Proc. of the IFIP-TC7 Working conf.— New-York: Springer, 1978.— P.240-252.
2. Иванов В.А., Фомин В.В. Математическое моделирование динамических процессов в зоне моря-суша.— Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008.— 363 с.
3. Кочергин В.С., Кочергин С.В. Использование вариационных принципов и решения сопряженной задачи при идентификации входных параметров модели переноса пассивной примеси // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов

- шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010.– вып.22.– С.240-244.
4. Пененко В.В. Методы численного моделирования атмосферных процессов.– Л.: Гидрометеиздат, 1981.– 350 с.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СЦЕНАРИЕВ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРИМЕСИ
ОТ ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ
ПРИ РАЗЛИЧНОМ ВЕТРОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**

С.В.Кочергин

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
vskocher@gmail.com*

При интенсивном освоении природных ресурсов и проведении различного рода работ важным моментом при принятии решения может оказаться информация, полученная при помощи математического моделирования процессов распространения загрязнений в исследуемом районе. Одним из факторов, влияющих на общую экологическую обстановку является концентрация загрязнений, которые могут попадать в воду как с работающих механизмов, так и из донных отложений. Не вдаваясь в специфику самих загрязнений, рассмотрим в качестве модели уравнение переноса пассивной примеси, в которое могут быть добавлены члены, учитывающие различные процессы, в дополнение к адвекции и турбулентной диффузии. Гидротермодинамическая модель [1] используется для расчета полей течений и коэффициентов турбулентной диффузии. При наличии информации о характере загрязнений и данных о поле концентрации, необходимые величины для параметризации таких процессов могут быть выбраны на основе применения вариационных алгоритмов идентификации входных параметров численного моделирования [2, 3]. Одним из основных блоков при работе такой ассимиляционной системы является сама модель переноса пассивной примеси. В данной работе в качестве примера работы такой модели переноса рассматривается модель для Азовского моря с учетом Керченского пролива. Рассчитаны различные сценарии распространения примеси от точечного источника, расположенного в Северном створе Керченского пролива и в районе о. Коса Тузла при различном ветровом воздействии.

Результаты численных экспериментов показали, что в первом случае при преобладающих ветрах в данном районе (северных, северо-восточных) повышенной концентрацией обладает район Керченс-

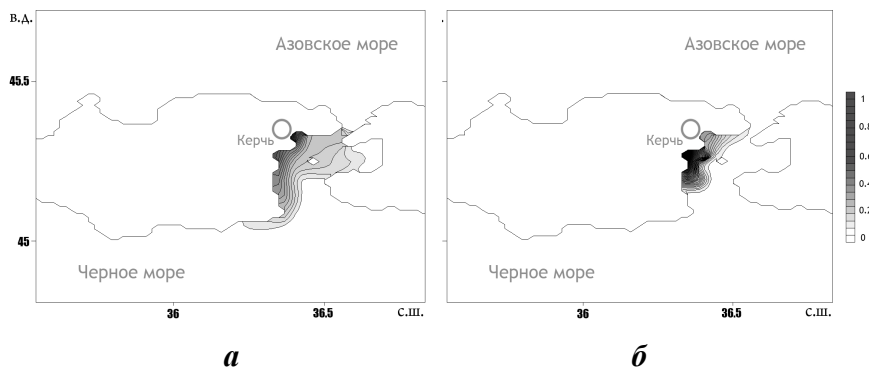


Рис.1. Нормированное поле концентрации при северо-восточном (а) и юго-восточном (б) ветре.

кого порта (рис.1, а), т.е. в акватории порта происходит накопление загрязнений. При расположении источника в районе о. Коса Тузла повышение концентрации в акватории порта происходит только при ветрах южных направлений (рис.1, б). Таким образом, при помощи математического моделирования можно рассчитать различные сценарии возможного распространения загрязняющих веществ.

1. *Иванов В.А., Фомин В.В.* Математическое моделирование динамических процессов в зоне моря-суша.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008.– 363 с.
2. *Marchuk G.I., Penenko V.V.* Application of optimization methods to the problem of mathematical simulation of atmospheric processes and environment // Modelling and Optimization of Complex Systems / Ed. G.I. Marchuk. Proc. Of the IFIP-TC7 Working conf.– New-York: Springer, 1978.– P.240-252.
3. *Пененко В.В.* Методы численного моделирования атмосферных процессов.– Л.: Гидрометеиздат, 1981.– 350 с.
4. *Кочергин В.С., Кочергин С.В.* Использование вариационных принципов и решения сопряженной задачи при идентификации входных параметров модели переноса пассивной примеси // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010.– вып.22.– С.240-244.

КВАЗИСТАЦИОНАРНЫЕ АНТИЦИКЛОНЫ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ЧЕРНОГО МОРЯ: ВРЕМЯ ЖИЗНИ И НЕКОТОРЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТИКО-ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

С.И.Кропотов

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
oz1515oz@yandex.ua*

Вихревой динамике Черного моря посвящено значительное число исследований. В последнее время все больше внимания начинает привлекать к себе изучение различных статистических характеристик индивидуальных вихрей [1]. Синоптические вихри, являясь элементом сложной нелинейной динамика циркуляции вод Черного моря, вместе с тем, обнаруживают существенные черты повторяемости их сезонной и межгодовой изменчивости на акватории моря. Сам факт наличия этой устойчивой на протяжении значительного периода времени пространственно-временной структуры течения вод в настоящее время практически не вызывает сомнения и отражен на картах квазистационарной циркуляции [2], однако его природа все еще остается не до конца ясной.

Опубликованные в [3] данные о внутригодовой динамике квазистационарных антициклонов (КАЦ) Черного моря, полученные на основании использования массива альтиметрических измерений со спутников ЕРС и «Топекс»/«Посейдон» в период 1992 – 1998 гг. в том числе содержат информацию о средних временах жизни (T_l , день) и времени наблюдения в течение года (T_v , день) для основных прибрежных КАЦ, расположенных практически вдоль всего черноморского побережья. Из [3] известно, что для этих КАЦ T_v изменяется в пределах 115 – 260 дней, а T_l составляет от

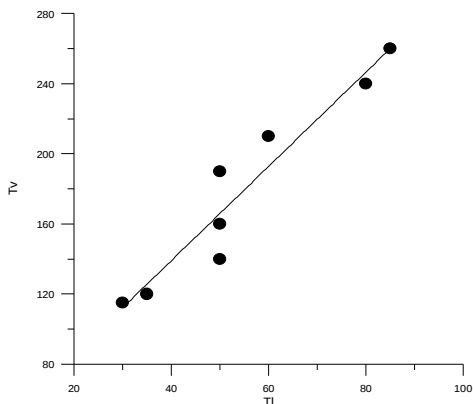


Рис.1. Взаимосвязь между средним временем наблюдения КАЦ Черного моря (T_v , день) и их средним временем жизни (T_l , день) в течение года.

30 до 85 дней, однако существование связи между этими величинами ранее не рассматривалось.

На рис.1 показана обнаруженная между T_v и T_l зависимость с коэффициентом корреляции $R = 0,96$, на уровне значимости более 0,01, описываемая линейным уравнением: $T_v = 2,688 T_l + 31,498$.

Хорошо известно, что время жизни – фундаментальная характеристика объектов различной природы [4, 5]. В связи с этим представляет интерес исследовать взаимосвязь величин (T_v) и (T_l) с показателями изменчивости климатических гидрофизических полей Черного моря в областях существования КАЦ. С этой целью в качестве гидрофизических параметров были выбраны поля условной плотности на горизонте 20 м. (σ_{T20}) и относительной прозрачности морской воды (глубины видимости белого диска (Z_6)). Их исходные значения взяты из банка данных «Черное море» МГИ, а статистические характеристики получены по методике, подробно изложенной в [6 – 8].

Проведенный регрессионный анализ позволил выявить ряд существенных взаимосвязей между рассматриваемыми параметрами и содержит новую информацию как о динамике прибрежных КАЦ Черного моря, так и о взаимосвязях и особенностях изменчивости статистических характеристик климатических полей (σ_{T20}) и (Z_6) в областях их существования. Эти результаты, в свою очередь, могут оказаться полезными при дальнейшем сборе и анализе данных измерений, а также при постановке задач математического моделирования и организации систем мониторинга морской среды.

1. Каримова С.С. Статистический анализ субмезомасштабных вихрей Балтийского, Черного и Каспийского морей по данным спутниковой радиолокации // Исслед. Земли из космоса.– 2012.– № 3.– С.31-47.
2. Oguz T., Latun V.S., Latif M.A. et al. Circulation in the surface and intermediate layers of the Black Sea // Deep Sea Res.– 1993.– v.40, № 8.– P.1597-1612.
3. Коротаев Г.К., Огуз Т., Никифоров А.А. и др. Динамика антициклонов в Черном море по данным спутниковых альтиметрических измерений // Исслед. Земли из космоса.– 2002.– № 6.– С.60-69 .
4. Мамаев О.И. О пространственно-временных масштабах океанических и атмосферных процессов // Океанология.– 1995.– т.35, № 6.– С.805-808.
5. Шмидт-Нильсен К. Размеры животных: почему они так важны?– М.: Мир, 1987.– 259 с.

6. *Кропотов С.И.* Пространственно-временная изменчивость относительной прозрачности вод Черного моря // Мор. гидрофиз. журн.– 1996.– № 4.– С.36-44.
7. *Кропотов С.И.* Некоторые статистические свойства межгодовой изменчивости относительной прозрачности черноморских вод // Мор. гидрофиз. журн.– 1997.– № 5.– С.20-25.
8. *Кропотов С.И.* Соотношение между составляющими климатической изменчивости относительной прозрачности вод Черного моря о некоторые проблемы экологического мониторинга // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь, 2000.– С.154-162.

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ В АЗОВСКОМ МОРЕ

В.А.Иванов, Л.В.Черкесов, Т.Я.Шульга

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь

Длиннопериодные волны возникают в прибрежных районах Азовского моря под действием атмосферных возмущений. Для определения возможного воздействия волн на береговые сооружения важно знать пространственную структуру свободных колебаний жидкости. В данной работе с использованием трехмерной нелинейной гидродинамической модели анализируются физические закономерности свободных колебаний жидкости в акватории Азовского моря. Изучены пространственные характеристики сейшеобразных колебаний, расположение узловых линий и скорости возникающих при этом течений.

Для построения численного алгоритма применена модель РОМ (Princeton Ocean Model), адаптированная к условиям бассейна Азовского моря. Выбор шагов интегрирования по временным и пространственным координатам осуществляется в соответствии с критерием устойчивости для баротропных волн. Топография дна на модельную сетку интерполирована с использованием массива глубин, приведенного в навигационных картах.

Атмосферные возмущения являются основным источником генерации сейш в Азово-Черноморском регионе. Под влиянием ветра, имеющего устойчивое направление и скорость, возникают течения и

повышения уровня у одного берега и понижения у другого. После прекращения действия ветра возникают свободные волновые колебания жидкости на поверхности моря.

В результате численных экспериментов, проведенных с использованием указанной выше гидродинамической модели, изучено движение жидкости в бассейне Азовского моря после прекращения действия стационарного ветра скорости 20 м/с.

Изменения уровня в любом пункте Азовского моря представляют собой сложные колебания, на формирование которых влияет много факторов. Анализ амплитуд и периодов сейшеобразных колебаний в пунктах, расположенных на побережье и в центральной части бассейна, позволил установить, что максимальные величины размахов сейшеобразных колебаний в прибрежной зоне сопоставимы с величинами штормовых сгонов и нагонов, при этом высоты свободных колебаний открытой части моря составляют 50 – 89 % высот колебаний вдоль береговой линии.

В центральной части моря максимальные скорости течений (84,8 см/с) при сейшеобразных колебаниях превысили на 21 % скорости стационарных течений, вызванные штормовым ветром (70,4 см/с). Отсюда следует, что сейши вносят заметный вклад в величину и направления скоростей течений.

Свободные колебания уровня затухают быстрее (60 ч), в то время как величины скоростей течений затухают медленнее и прослеживаются на всем интервале расчетов (200 ч).

ОЦЕНКА ПРЕОБРАЗОВАННОСТИ ЛАНДШАФТОВ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ЧЕРНОГО МОРЯ (НА ПРИМЕРЕ КРЫМА)

Е.А.Позаченюк, М.В.Пенно

Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, г.Симферополь
pozachenyuk@gmail.com, address_mvnp@mail.ru

Прибрежная зона моря играет важную роль не только в хозяйственной сфере, но и в функционировании ландшафта как экотонной системы. Утвержденная в 2010 г. распоряжением правительства Российской Федерации «Стратегия развития морской деятельности РФ до 2030 года» четко обозначает переход к комплексному подходу в планировании развития прибрежных зон конкретных побережий страны и выделении их в отдельный объект государственного

управления. При этом сохранение исходного ландшафтного разнообразия как сухопутной, так и аквальной частей прибрежной зоны имеет первостепенное значение для обеспечения оптимального ее функционирования. Первым этапом разработки концепции комплексного управления прибрежной зоной (КУПЗ) для Крымского Федерального округа является определение необходимого соотношения природных квазиестественных и сильно преобразованных или антропогенных ландшафтов. Для расчета антропогенной преобразованности ландшафтов прибрежной зоны была использована методика П.Г.Шищенко [1], дополненная авторами в соответствии с современными условиями природопользования, а также предложенный В.А.Михайловым алгоритм оценки с применением ГИС, выполненный ранее им на примере Крымского Присивашья [2]. В данной работе расчеты производились только для сухопутной части прибрежной зоны Черного моря.

Для расчета коэффициента преобразованности ландшафтов составлялись карты природной и хозяйственной подсистем ключевого участка – Сакского района, с последующим анализом с помощью программного комплекса ArcGIS 10.2. Карта природной подсистемы ландшафтов была выполнена на основе картографических материалов масштаба 1 : 100 000 (с выделением 8 типологических единиц), хозяйственной подсистемы – в результате анализа топографических карт масштаба 1 : 100 000 и визуального дешифрирования космических снимков. В результате было выделено 27 категорий используемых территорий, среди которых: пашни, сады, виноградники, лесопосадки, промышленные объекты, сельская застройка, рекреационные объекты, городская застройка, дороги, сельхозпредприятия и т.д. В результате слияния двух слоев была получена карта современных ландшафтов и произведен расчет коэффициента антропогенной преобразованности. Для расчета коэффициента антропогенной преобразованности каждому виду природопользования был присвоен ранг антропогенной преобразованности от 1 до 10 и индекс глубины преобразованности от 1 до 1,5. При расчетах учитывался и тот факт, что гидрологический режим ряда соленых озер в настоящее время является значительно измененным, поэтому такие акватории также рассматривались как составная часть хозяйственной подсистемы ландшафтов с рангом 4, индексом 1,15. В результате, рассчитанный коэффициент антропогенной преобразованности изучаемого района изменялся от: менее 2 – «слабо преобразованные» до более 6,5 –

«сильно преобразованные». Приведём в качестве примера полученные результаты для 10-ти км прибрежной зоны в пределах Сакского района (с учетом территории г.Евпатория): общая площадь исследованной территории составляет 1036,2 км², хозяйственной деятельности подверглось 68,2 % территории (в том числе и акваторий озер), значения коэффициента антропогенной преобразованности изменялись от 1,1 (практически не измененные акваландшафты озер) до 6,9 (сильно преобразованные ландшафты в пределах пологонаклонных ложинно-балочных равнин с ковыльно-типчачовыми и разнотравно-ковыльно-типчачовыми степями). Для других групп местностей значения коэффициента преобразованности ландшафтов составили:

4,16 (преобразованные) – озерно-лиманские, галофитных лугов в комплексе с ковыльно-типчачовыми степями,

5,9 (среднепреобразованные) – пересыпи и косы с галофитными лугами в комплексе с сообществами псаммофитов,

6,14 (среднепреобразованные) – структурные пологонаклонные денудационно-аккумулятивные равнины с ковыльно-типчачовыми степями,

6,7 (сильно преобразованные) – денудационно-аккумулятивные пологосклоновые приморские равнины с ковыльно-типчачовыми и разнотравно-типчачовыми степями.

Данная методика, безусловно, может быть применима и для оценки антропогенной преобразованности морских ландшафтов. Оценка степени преобразованности ландшафтов прибрежной зоны Черного моря позволит в дальнейшем определить оптимальное соотношение природных и антропогенных ландшафтов, геоэкологическое состояние этой территории, а также даст возможность планировать приоритетные мероприятия в целях управления и стабилизации ситуации сильно преобразованных ландшафтов.

1. *Шищенко П.Г.* Прикладная физическая география. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1998. – 192.
2. *Михайлов В.А.* Оценка антропогенной преобразованности ландшафтов с помощью ГИС (на примере Крымского Присивашья). // Современные научные исследования и инновации. – Октябрь, 2012 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/10/17103>

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭВТРОФИКАЦИИ ВОД СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ

В.В.Украинский, С.П. Ковалишина

Украинский научный центр экологии моря, г.Одесса

В работе была поставлена задача оценки на основе индивидуальных и комплексных абиотических и биотических показателей степени эвтрофирования вод северо-западного шельфа (СЗШ) Черного моря по данным современных мониторинговых наблюдений УкрНЦЭМ (2000 – 2013 гг.) и данных гидрометеорологической службы.

Для комплексной оценки уровня трофности и качества вод использовался индекс E-TRIX [1] и методика BEAST, модификация HELCOM HEAT [2].

В обогащении вод биогенными веществами (БВ) главная роль принадлежит речному стоку, а на долю Дуная приходится по отдельным показателям до 90 % общей биогенной нагрузки рек СЗШ. Рассчитанные биогенные нагрузки дельты Килийского рукава Дуная по данным средних годовых концентраций (2001 – 2012 гг.) показали наличие тенденции к уменьшению в многолетнем плане поступления общего фосфора, аммонийного, нитритного и в меньшей степени, общего азота. На высоком уровне сохраняется сток нитратного азота (158,9 тыс. т/год), что приблизительно в 2,5 раза превышает его сток до периода эвтрофирования.

Тенденции к уменьшению концентраций БВ отмечаются и в районе Одесского залива. Однако, концентрации общего азота, за счет его органических форм, имеют тенденцию к увеличению в среднем на 13,0 мкг/дм³ в год. Средние годовые концентрации общего азота в 2013 г. находились на уровне 600 – 640 мкг/дм³, при диапазоне изменчивости 140 – 1615 мкг/дм³.

На взморье Дуная по данным съемок в августе и октябре 2013 г. максимальные концентрации БВ составляли: фосфатный фосфор 54,2 мкг/дм³; общий фосфор 85,3 мкг/дм³; нитритный азот 25,1 мкг/дм³; аммонийный азот 48,9 мкг/дм³; нитратный азот 1732 мкг/дм³; общий азот 3276 мкг/дм³. В летне-осенний период практически во все последние годы (2009 – 2013 гг.) в придонном слое отмечались локальные области с концентрациями кислорода менее ПДК (4 мг/дм³) и условиями гипоксии вод.

В центральных районах СЗШ концентрации БВ значительно меньше. В мае – июне 2012 г. максимальные концентрации в по-

верхностном слое не превышали: фосфатного фосфора 6,3 мкг/дм³; общего фосфора 25 мкг/дм³; нитритного азота 1,9 мкг/дм³; аммонийного азота менее 15 мкг/дм³; нитратного азота 17,7 мкг/дм³; общего азота 380 мкг/дм³.

Анализ многолетних изменений биомассы фитопланктона СЗШ показал, что по отношению к 80-м гг. прошлого столетия, когда среднее значение биомассы фитопланктона составляло 30 г/м³, значительно снизился. В период 2011 – 2013 гг. средние годовые значения биомассы фитопланктона находились в пределах 0,25 – 0,91 г/м³. Из общей тенденции, уменьшения биомассы фитопланктона, выпадает аномальный 2010 г. количественные показатели в котором приближались к периоду эвтрофирования 70-х гг. прошлого столетия [3].

В районе филофорного поля Зернова (ФПЗ) по данным наблюдений в мае – июне 2012 г. максимальные биомассы фитопланктона в поверхностном слое 0,46 – 0,57 г/м³ регистрировались в южной части ФПЗ, при численности 1,6 – 1,8 млн. кл./дм³.

По количественным показателям фитопланктона наиболее эвтрофированы воды Дунайского взморья. Максимальная биомасса в последние годы в летний период достигала 61,6 г/м³, а численность – 33,5 млн. кл./дм³. Все это указывает на высокий уровень эвтрофикации вод данного района СЗШ и возможности «цветения» микроводорослей во все сезоны года.

По показателям E-TRIX и BEAST в районе Одесского залива трофность вод последних лет преимущественно находится на среднем уровне, однако, в отдельные периоды отмечается повышение трофности вод до высокого уровня, что соответствует высокому и плохому качеству вод. Такие значительные колебания свидетельствуют о нестабильности экологического состояния вод данного региона СЗШ.

В районе ФПЗ (наблюдения 2008 – 2012 гг.) по показателю индекса E-TRIX воды характеризуются средним и низким уровнем трофности, а по данным методики BEAST соответствуют среднему и хорошему классу качества.

Средние значения индекса E-TRIX для Дунайского взморья (2009 – 2013 гг.), не опускаются ниже интервала характеризующегося очень высоким уровнем трофности. Аналогичные оценки относительно качества вод Дунайского взморья получены и по методике BEAST.

В современный период, по сравнению с 80-ми годами прошлого столетия, отмечается снижение биогенной нагрузки на СЗШ, обусловленной стоком Дуная. На наличие тенденции к деэвтрофикации вод СЗШ указывают и оценки выполненные на основе интегральных

показателей трофности E-TRIX и BEAST. Однако, в результате сохраняющегося высокого уровня антропогенной нагрузки, экологическое состояние вод СЗШ находится в нестабильном состоянии и при значительных колебаниях природных факторов могут возникать неблагоприятные условия для функционирования экосистемы.

1. *Vollenveider R.A., Giovanardi F., Montanari G., Rinaldi A.* Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale turbidity and generalized water quality index // *Enviromentrics*.– 1998.– № 9.– P.329-357.
2. *Andersen J.H., Axe P., Backer H., Carstensen J., etc* Getting the measure of eutrophication in the Baltic sea: towards improved assessment principles and methods // *Biogeochemistry*.– 2011.– № 106.– P.137-156.
3. *Украинский В.В., Ковалишина С.П., Борулько В.И., Сытов В.П. и др.* Цветение сине-зеленых водорослей в Одесском прибрежье (июль, 2010 г.) // *Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей*.– Одесса, 2010.– № 1(11).– С.109-115.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ МОДЕЛЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ КРЫМА

В.А.Иванов, Е.М.Игумнова, Ю.И.Никифоров,
С.М.Солодова, И.Е.Тимченко

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
tymchenko@inbox.lv*

Предложена пространственная эколого-экономическая модель потребления рекреационных ресурсов на участке, прилегающем к территории южного берега Крыма. Модель основана на применении уравнений метода адаптивного баланса влияний и информационной технологии ABC AGENT [1]. Приведены временные сценарии себестоимости и рентабельности оказания рекреационных услуг, а также уровня загрязнения природной среды, зависящего от объема рекреационных услуг и природоохранных мероприятий. Экспертным путем построена карта рекреационной привлекательности территории. Она зависит от качества природной среды, экономической инфраструктуры, сервисного обслуживания, экологического состояния конкретной территории и многих других факторов. Поэтому необходим комплексный системный подход к оценке эколого-экономического баланса потребления и воспроизводства рекреационных ресурсов [2]. В настоящем исследовании для получения подобных

оценок считалось, что рекреационный потенциал территории зависит от двух основных видов ресурсов, которые имеют различные стоимости в локальных участках территории: инфраструктуры и сервисного обслуживания рекреации и охраны природных условий и поддержания экологического состояния этого участка. Считалось, что эти стоимости соответствуют затратам каждого вида ресурса на производство единичной рекреационной услуги – обслуживания одного рекреанта. Была введена зависимость локального уровня загрязнения окружающей среды, от объема оказываемых рекреационных услуг и от активности природоохранных действий. Оценки рекреационной привлекательности территории были использованы для построения карты спроса на рекреационные услуги.

Формульный алгоритм эколого-экономической модели потребления рекреационных ресурсов содержал уравнения, построенные методом адаптивного баланса влияний. В качестве примера приведем уравнение для объемов производства рекреационных услуг V

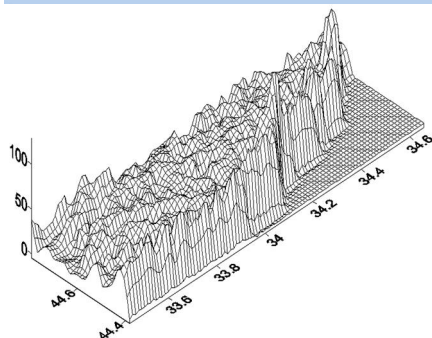
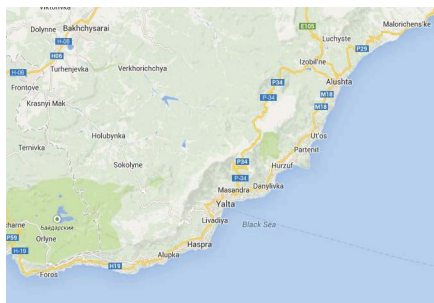
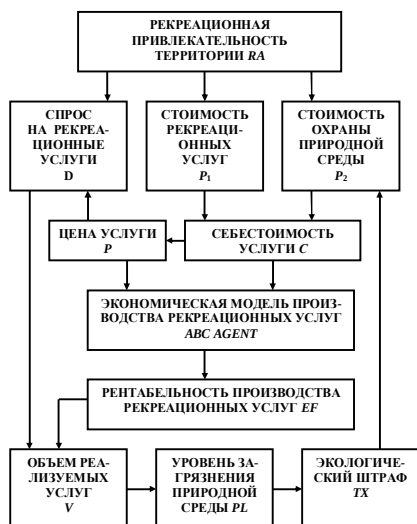
$$\frac{dV}{dt} = 2r_V V \{C_V - [V - AG_V(D, H, H_{li}, P, C, H_2, H_3, H_3^*)]\}$$

и уравнение для уровня загрязнения окружающей среды PL

$$\frac{dPL}{dt} = 2r_{PL} PL \{C_{PL} - [PL - AG_{PL}(TX_{acc}, S_{acc})]\},$$

где $AG_{V/PL}$ – агенты управления, D – спрос на рекреационные услуги, P – цена услуги, C – ее себестоимость, C_M – ресурсные емкости, S_{acc} – накопленный объем рекреационных услуг, TX_{acc} – накопленный фонд природоохранных действий, H – количество предоставляемых услуг, H_{li} – запасы потребляемых ресурсов, H_2 – оборотные средства объекта, H_3 – накопленный кредит и его допустимый максимум H_3^* .

Вначале для отдельных точек местности были рассчитаны сценарии процессов при различных процентах от оборотных средств курортного объекта, направляемых в фонд борьбы с уровнем загрязнения, и установлены соответствующие зависимости. Затем для района Крыма (рис.) были получены оценки стоимости ресурсов в узлах квадратной сетки с шагом 2,5 км. и построены карты, отражающие пространственно-временную эволюцию эколого-экономических процессов при различных вариантах управления потреблением ресурсов. Показано, что по результатам имитационных экспериментов может быть найден рациональный уровень рентабельности использования рекреационных ресурсов с учетом необходимых расходов на природоохранные цели.



Структура эколого-экономической модели, моделируемый район и его рекреационная привлекательность

1. Тимченко И.Е., Игумнова Е.М., Тимченко И.И. Системный менеджмент и ABC-технологии устойчивого развития.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2000.– 225 с.
2. Ivavov V.A., Igumnova E.M., Timchenko I.E. Coastal Zone Resources Management.– Kyiv: Akademperiodika, 2012.– 304 p.

ON MODELING OF MARINE ECOSYSTEM INTEGRATED IN A SOCIETY PROCESSES

Sofia Mazlumyan

*Institute of Biology of Southern Seas, Sevastopol
mazlmeister@gmail.com*

Social structure with which marine ecosystem (ME) coexists expected to ensure environmental safety that can be formally expressed as a **favourable environment set, C : $(c_1, c_2, ..., c_j, ..., c_n)$** . Pertinent legal and administrative acts should guarantee the stability and ecological balance (and thereby the favourable environment complex) in the regions where ME(s) is/are located (Mazlumyan 2010, 2011). In making economic assessment resource approach appears more fitting inasmuch as it differen-



Fig.1. The services of ME & incorporated resources.

tiates between renewable and non-renewable resources inherent to the biotic and the abiotic constituent parts (Fig.1). Assuming that the resources are divided into the target use groups, each group $\{m_i\}$ will be resource-specific, i.e. associated with a specific resource $\{k_i\}$. **Integral resource** represented by a vector $\mathbf{K}_i$: (Fig.2).

The non-empty set ratio for marine ecosystem resources describes the aggregation of the target use groups as follows: $M \subset x \{K_i : i \in I\}$ where, K_i are biotic and abiotic resources of ME. Inasmuch as I is a finite variable, then: $S \subset k_1 \times k_2 \times \dots \times k_n$. In the discussed **system of utilization** $\{M\}$, each individual **utilization group** is the subsystem, m_i . At the utilization system input the vector $(k_1, k_2, k_3, \dots, k_j, \dots, k_m)$ represents the resources. At the input, after having been used under the conditions defined by normo-vector, $N = (n_1, n_2, n_3, \dots, n_j, \dots, n_m)$. The resources of marine ecosystem are characterized by the vector $(k'_1, k'_2, k'_3, \dots, k'_j, \dots, k'_m)$; thereby the **social consumption of resources** is defined by $M \subset K \times K'$ (Fig.3). The **conditions of resource maintenance** and **exploitation** suggest the resource stock, distribution, quality and accessibility, as well as optimal (i.e. equal to or lesser than the rate of renewable resource production) **extraction strategy** to be essential characteristics. For renewable or living resources **the rate and specific rate of production** are of top importance. Resource accessibility is interpreted as all the links are from prospecting to transportation for final processing – that the resource handling/production cycle implies. These technological stages predetermine the raw material cost price and economic efficiency. **The utilization procedure** also suggests the relevant complex of scientific, transport, recreation and manufacture subsystems operating in accord with the same normo-vector. The **model of consumption system** can be defined as follows: utilization system, M , corresponds to an arbitrary set, C , the function $R: (C \times K)$

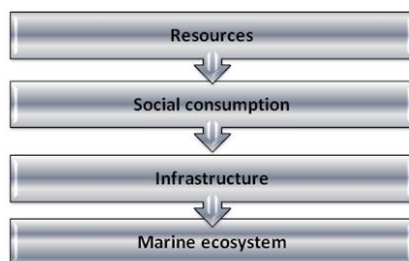


Fig.2. ME integral resource exploitation model.

$\Rightarrow K' (k, k') \in M \leftrightarrow (\exists c) [R (c, k) = k']$, where C represents the **global state object** of the system and characterizes **the utilization mode of ecosystem resources**, and function R is the **global response** of ecosystem and realizes conversion of vector K into vector K' . **In utilization of ME resources two strategies are applicable:** one focuses on giving the status of nature reserve or a Natural Monument to the ecosystem and the surrounding landscape, that automatically puts a veto on any sort of resource exploitation; and the other suggests permanent or temporary prohibitive measures for only certain economic activities (Fig.3). The area where the marine ecosystem is situated is to be either a nature reserve or a national park. National park with its negligibly disturbed landscape would combine nature preservation and regulated recreation (predominantly ecotourism) activities.



Fig.3. The nature preservation strategies for ME.

Most of the presently known national parks shelter unique Natural Monument, and some are partly open for local agriculture. The next step implies availability of strategies, N , for resource utilization: $N = (n_1, n_2, n_3, n_4, n_5)$, where n_1 is migratory bird nestling and resting ground, n_2 – the object of researches in functional properties of ME, n_3 – the object of researches– in the local geological past n_4 – an ecological tourism and recreation object, n_5 the object of removal of one or several ecosystem resources. Comparison between the sets of strategies points out that $n_1 \cup n_2 \cup n_3 \cup n_4$, that is not a competitive series. Due to **competitive exploitation** the process of utilization of either resource influences both the resource input parameters and the maintenance and exploitation conditions of all potential resources. The precondition for a promising long-term exploitation would combine the availability, the stock and accessibility of the resource of interest. In deciding about the **prospects of resource utilization** two considerations are important: a) the profit expected from each of the resources should be compared with the profit to be gained from exploitation of the similar resource in a different geographic area; and b) given a permission to simultaneously exploit several resources of the marine ecosystem.

1. *Mazlumyan S.* The conceptual model for assessing the value of the near-shore ecosystem // Extended Abstracts of 6th Plenary Meeting and Field Trip of IGCP-521 "Black Sea – Mediterranean corridor during the last 30 ky: Sea level change and human adaptation".– INQUA 0501 "Caspian-Black Sea-Mediterranean Corridor during last 30 ky: Sea level change and human adaptive strategies".– Rhodes, Greece, 27 Sept. – 5 Oct. 2010.– P.130-132.
2. *Mazlumyan S.* The model of sustainable development of marine near-shore ecosystem // Extended Abstracts of 7th Plenary Meeting and Field Trip of IGCP-521 "Black Sea – Mediterranean corridor during the last 30 ky: Sea level change and human adaptation".– INQUA 0501 "Caspian-Black Sea-Mediterranean Corridor during last 30 ky: Sea level change and human adaptive strategies".– Odessa, Ukraine, 27 Aug. – 5 Oct. 2011.– P.135-136.

ВЕРИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РОСТА КУЛЬТИВИРУЕМОЙ МИДИИ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* НА ОСНОВЕ НАТУРНЫХ ДАННЫХ

Е.Ф.Васечкина¹, И.И.Казанкова², С.В.Щуров³

¹*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь*
vasechkina.elena@gmail.com

²*Институт биологии южных морей им. О.А.Ковалевского, г.Севастополь*
ikazani@ua.fm, grey@inet.ua

Для верификации математической модели роста и развития мидии *M. galloprovincialis* на искусственных субстратах был выполнен натурный эксперимент по измерению скорости роста мидий на коллекторе. Исследование проводилось в восточной части б. Ласпи (Черное море) на мидийной ферме, расположенной над глубинами 14 – 20 м. Моллюски были помещены в две длинные полимерные сетки таким образом, что в каждой из них находились мидии, сгруппированные по длине раковины: 20 – 30; 30 – 40; 40 – 50 и 50 – 60 мм, по 20 экз. каждого размера. Группы мидий в сетках были разделены перетяжками. Мелкие мидии длиной 10 – 20 мм располагались отдельно в садке. Особый интерес представлял рост мидий в зависимости от места расположения их на ферме, вытянутой вдоль берега на 500 м, поскольку в этом районе наблюдается довольно сильное вдольбереговое течение с востока на запад. Поэтому сетки с мидиями были выставлены условно на входе и выходе течения с акватории, занятой фермой. Глубина экспозиции составляла 3 м. Эксперимент проходил с августа по декабрь с двумя промежуточными измерениями.

Таким образом, на двух коллекторах мидийной фермы, отстоящих друг от друга на 500 м, получены данные по динамике средних веса и длины мидий 4-х размерных групп на протяжении 4-х месяцев. Для верификации модели в этот же период времени рассчитывалась динамика этих показателей от заданных в начальный момент условий, соответствующих начальным условиям эксперимента. Входными (управляющими) переменными модели являются концентрация кормовой взвеси в воде и температура верхнего слоя воды. Первая задавалась, исходя из представлений о средней концентрации фитопланктона в б. Ласпи в этот период. Для этого были использованы оценки, полученные в период с 1983 по 1986 гг. Осредненный ряд концентрации фитопланктона представлен на рис.1, а. В качестве второй входной переменной использовался ряд температуры воды, измеренной на глубине 1,5 м на океанографической платформе в районе п. Кацивели (рис.1, а).

В результате модельных расчетов получены ряды переменных: сухой вес мягких тканей и общий сырой вес моллюска; длина раковины; энергетические характеристики: ассимиляция, затраты на обмен, продукция с разделением на соматический и генеративный рост; экскреция органического и неорганического азота. Морфометрические характеристики сравнивались с полученными *in situ*, в результате чего была выполнена следующая корректировка модели.

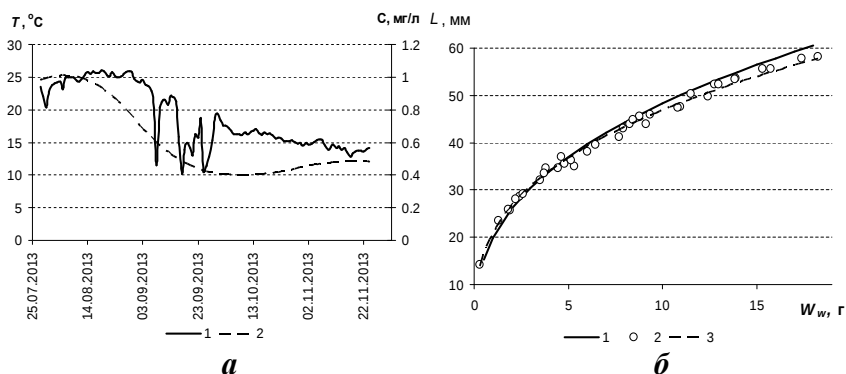


Рис.1. Входные переменные модели (а): 1 – температура воды на глубине 1,5 м; 2 – концентрация кормовой взвеси в верхнем слое; зависимость длины мидии от ее общего сырого веса (б): 1 – график эмпирической зависимости, использованной ранее в модели; 2 – данные натурного эксперимента; 3 – аппроксимация данных степенной зависимостью (1).

1. Соотношение, описывающее зависимость длины от сырого общего веса моллюска, было откорректировано и представлено в виде:

$$L = 20,9647 W_w^{0,3495},$$

где L – средняя длина, W_w – сырой вес моллюска. Полученную зависимость в сравнении с той, что использовалась в модели ранее, иллюстрирует рис.1, б.

2. Формула, описывающая зависимость коэффициента усвояемости пищи от сухого веса мягких тканей, была приведена к виду:

$$A_e = \frac{0,92}{1 + e^{-2,2(W_d + 0,05)}},$$

где A_e – усвояемость пищи, W_d – сухой вес мягких тканей.

С учетом сделанных поправок соответствие модели полученным натурным данным можно признать удовлетворительным. Среднеквадратические ошибки модели составили: при оценке общего веса мидии – 0,3 г для левого и 0,5 г для правого коллекторов; при оценке длины раковины – 1 мм для обоих коллекторов. На рис.2 показана динамика общего веса и длины раковины мидий в ходе эксперимента в сопоставлении с модельными данными.

Для группы 10 – 20 мм модель давала заниженную оценку роста мидий по сравнению с натурными данными. Это можно объяснить тем, что данная группа в ходе эксперимента находилась в существенно лучших условиях, располагаясь на садке, в то время как другие группы находились в сетке, затрудняющей, возможно, рост моллюсков.

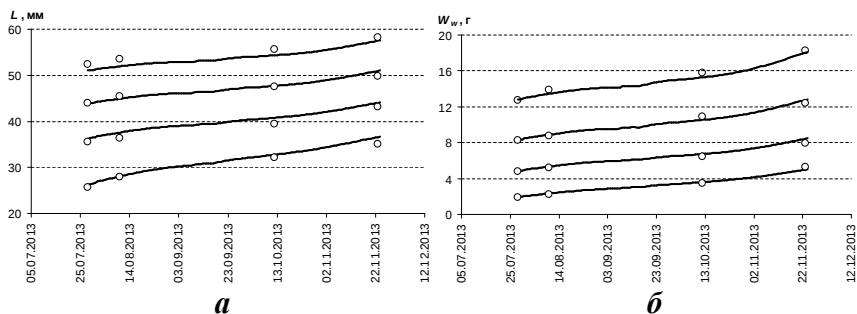


Рис.2. Сопоставление модельных и натурных данных (длина (а) и общий вес (б) мидии) для четырех размерных групп: 20 – 30; 30 – 40; 40 – 50 и 50 – 60 мм.

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ
ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ШТОРМОВЫХ УСЛОВИЯХ
В НЕКОТОРЫХ РАЙОНАХ НЕФТЯНЫХ, ГАЗОВЫХ И
ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
У ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА**

С.В.Довгая, О.А.Дымова, Н.В.Маркова, С.Г.Демышев, Л.В.Черкесов

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь

Для решения инженерно-технических и экологических задач в районах нефтегазовых месторождений необходима информация о вероятных гидрологических и гидродинамических ситуациях в этих областях моря. Особый интерес представляют изменения гидродинамических характеристик в результате экстремальных, в частности, ветровых воздействий.

Ранее на основе трехмерной нелинейной гидродинамической модели МГИ [1] с пространственным разрешением 5 км в зональном и меридиональном направлениях были выполнены качественные и количественные оценки климатической (осредненной) циркуляции для всего Черного моря [2]. В представляемой нами работе проведены новые численные эксперименты, которые позволили получить более точные поля течений, температуры, солёности и уровня моря в районах нефтегазовых месторождений у черноморского побережья Крыма. Для расчетов использовалась модификация модели МГИ с высоким пространственным разрешением 1,64 км [3] и с реальным атмосферным воздействием (данные ALADIN [4]). В качестве тестового был выбран 2006 г., в дальнейшем работы по диагнозу и прогнозу состояния морской среды на указанной основе предполагается продолжить.

На данном этапе рассматривались месторождения Архангельское (газовое; расчетные координаты 45°20' с.ш., 31°57' в.д.), Штормовое (газоконденсатное; координаты 45°17' с.ш., 31°54' в.д.) и им. Субботина (нефтяное; 44°50' с.ш., 36°17' в.д.). В указанных районах были оценены поля приводного ветра в течение 2006 г. и выбраны периоды максимальных скоростей ветров. Рассмотрены две штормовые ситуации в зимний и летний сезоны: в конце января и начале июля. Подробно исследованы трехмерные поля температуры морской воды и течений до, после и во время шторма. Выявлены основные особенности отклика гидрофизических полей на изменение ветрового воздействия.

1. Демьшиев С.Г., Кортаев Г.К. Численная энергосбалансированная модель бароклинных течений океана с неровным дном на сетке C.– М.: ОВМ, 1992.– С.163-231.
2. Демьшиев С.Г., Иванов В.А., Маркова Н.В., Черкесов Л.В. Построение поля течений в Черном море на основе вихреразрешающей модели с ассимиляцией климатических полей температуры и солености // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2007.– вып.15.– С.215-226.
3. Демьшиев С.Г., Дымова О.А. Численный анализ мезомасштабных особенностей циркуляции в прибрежной зоне Черного моря // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана.– 2013.– Т.49, № 6.– С.655-663.
4. Ратнер Ю.Б., Мартынов М.В., Баянкина Т.М., Бородин С.В. Информационные потоки в системе оперативного мониторинга гидрофизических полей Черного моря и автоматизация процессов их обработки // Системы контроля окружающей среды.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005.– С.140-149.

СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

СИНОПТИЧЕСКАЯ ТЕРМОХАЛИННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ В РОССИЙСКОЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

В.С.Архипкин

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, г.Москва

Синоптическая изменчивость с временными масштабами от инерционного периода до сезона – один из 5-ти основных временных диапазонов вариаций состояния вод океанов и морей. Среди них в целом по Мировому океану наиболее энергичны вихри. Исключение в этом смысле представляет собой прибрежная зона океанов и морей, включающая материковый шельф и склон. Здесь большая часть видов вихрей разрушается, формируются лишь мелкие короткоживущие вихри вследствие бокового сдвига (горизонтального градиента) скорости между стрежнями вдольбереговых течений и берегом, создающие режим хаотической изменчивости. Основными же носителями отчетливого синоптического сигнала в шельфово-склоновой зоне, наряду с апвеллингом/даунвеллингом, служат береговые захваченные волны (БЗВ).

В Черном море первые исследования синоптической изменчивости в прибрежной зоне, сгонно-нагонных явлений были выполнены довольно давно (Богданова, 1959, Богданова, Кропачев, 1959, Толмазин, 1963). В последующие 30 лет, несмотря на очевидные свидетельства большой интенсивности прибрежного апвеллинга, даже ему уделялось незаслуженно мало внимания. В частности, в наиболее известных монографиях по гидрологии и динамике вод Черного моря (Филиппов, 1968, Блатов и др., 1984, Гидрометеорология ..., 1991) этот вопрос не рассматривался вовсе. Результаты первых современных систематических исследований прибрежного апвеллинга и БЗВ у южного берега Крыма были изложены в (Блатов, Иванов, 1992, Иванов, Янковский, 1992, 1993, Архипкин, 1996).

Цель настоящей работы – восполнить этот пробел по данным наблюдений в Голубой бухте в июне – июле 2009 г., а также по архивным данным береговой гидрометеорологической станции (ГМС) Геленджик.

Основными исходными данными для настоящего исследования стали результаты систематических наблюдений метеорологических.

и гидрологических характеристик на мористом конце пирса в Голубой бухте приблизительно в 150 м от берега с глубиной дна около 6,5 м. Наблюдения выполнялись студентами кафедры океанологии Географического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова в рамках учебной и производственной практики с 01 июня по 13 июля 2009 г.

Метеорологические характеристики измерялись с помощью автоматической метеостанции Davis Vantage Pro., установленной на высоте 7 м от поверхности моря с дискретностью 1 минута. Вертикальные зондирования температуры и электропроводности воды производились CTD-зондом YSI 6600 V2, с вертикальной дискретностью 0,2 м до глубины 6 м. Точность измерения температуры воды составила $\pm 0,15$ °C, относительная точность измерения электропроводности ± 1 %. Зондирования выполнялись ежедневно с 9.00 до 21.00 через 1,5 часа, а 23 и 24 июня 2009 г. – круглосуточно с интервалом 1 час. Всего было произведено более 400 зондирований. Обработка и анализ данных наблюдений выполнялись в соответствии с (Архипкин, 1992). Основное внимание в настоящей статье уделено временному интервалу с 10 по 27 июня 2009 г. Кроме того, с интервалом в 5 – 7 суток выполнялись вертикальные разрезы по нормали к берегу до изобаты 50 м длиной около 4 км с зондированиями через 400 – 500 м CTD-зондом SBE 19 plus V2 SeaCAT (с точностью $\pm 0,005$ °C и $\pm 0,0005$ См/м), также CTD и ADCP съемки акватории Голубой бухты. Мористую часть в районе кромки шельфа обеспечивали специалисты ИО РАН им. П.П.Ширшова по методикам, описанным в (Зацепин и др., 2008).

Результаты анализа данных наблюдений за метеорологическими характеристиками, температурой и соленостью вод в Голубой бухте у Российского берега Черного моря в районе г.Геленджик в июне – июле 2009 г. продемонстрировали весьма интенсивную синоптическую термохалинную изменчивость с временными масштабами порядка нескольких суток-недель и размахом 14 °C по температуре и 1,5 ‰ по солености. Наиболее значимыми морскими синоптическими событиями во время наблюдений были апвеллинг холодных и соленых подповерхностных вод, а также последующее вторжение поверхностной линзы теплых и опресненных вод, которое привело к формированию барьерного слоя и значительному перегреву (до 28,5 °C) поверхностных вод. В свою очередь это создало неблагоприятную экологическую ситуацию в бухте. Оба события не имели однозначной связи с локальными метеоусловиями, синоптическая

изменчивость которых была довольно слабой. Сделано предположение, что они в значительной степени обусловлены, соответственно, дивергентной и конвергентной фазами береговой захваченной волны, динамические признаки которой прослежены параллельными наблюдениями за течениями в экспедиции ИО РАН. Ветровые воздействия служили лишь дополнительным фактором, в отдельные периоды времени усиливающим эффект БЗВ. Термохалинные характеристики линзы опресненных вод позволяют предположить их происхождение из прибрежного района Сочи. Анализ ретроспективных (архивных) данных наблюдений на ГМС Геленджик показал, что прослеженный в июне 2009 г. характер синоптической термохалинной изменчивости в рассматриваемом районе неоднократно наблюдался в июне прошлых лет с близким совпадением интенсивности, продолжительности и фаз отдельных синоптических событий. Таким образом, полученные результаты и сделанные выводы можно считать достаточно характерными для Российской прибрежной зоны Черного моря.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИЖЕНИЯ СПЕРМАТОЗОИДОВ РЫБ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ IMAGEJ И EXCEL МАКРОСОВ

Ю.С.Баяндина

*Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского, г.Севастополь
sepulturka@mail.ru*

Для успешного воспроизводства рыб в условиях марикультурного хозяйства необходимо проведение качественной и быстрой предварительной оценки характеристик половых продуктов самцов. Наиболее информативными методами определения жизнеспособности клеток спермы являются функциональные тесты, определяющие характеристики движения сперматозоидов. В последнее время широкое распространение получили методы компьютерного анализа определения качества спермы, значительно упрощающие получение и обработку количественных данных характеристик подвижности. Данные методы включают в себя запись видеороликов движения сперматозоидов видеокамерой, подключенной к микроскопу, и дальнейшую обработку полученных записей в специализированных компьютерных программах. Большинство исследователей используют программу ImageJ с подключенным плагином MTrack2. Плагин

предполагает начальную графическую обработку каждого видеоролика, определение начальных данных движущихся объектов и дальнейший перенос результатов в Excel вручную. Подобная обработка видео и анализ полученных данных при наличии большого количества проб в большом количестве повторностей требует огромных временных затрат от исследователя.

Цель работы: оптимизация и разработка собственного алгоритма определения характеристик движения сперматозоидов рыб в программе ImageJ.

Индивидуальные характеристики спермы были изучены по пробам, полученным от самцов из естественной популяции калкана на протяжении 2012 и 2013 гг. Для исследования характеристик подвижности спермы калкана производили разбавление спермы охлажденной фильтрованной морской водой (для каждой пробы спермы производили разбавления в двух повторностях). В течение эксперимента разбавленная сперма находилась в стерильном планшете при комнатной температуре (до 15 °C). Видеорегистрацию проводили в капле разбавленной спермы, отобранной из планшета сразу после разбавления и через равные промежутки времени (5, 10, 20, 40 мин для проб 2012 г. и через 15 мин – в 2013 г.). В программе VirtualDub (virtualdub.org) производили нарезку каждого видеоролика в 3 различных полях зрения по 15 кадров. Полученные ролики (3 шт. для каждой повторности) сохраняли отдельными файлами (всего 405 видеофайлов).

Был разработан следующий алгоритм обработки данных:

1. В программу ImageJ установили плагин wrMTrck_Batch, созданный Jesper Søndergaard Pedersen (jsp@phage.dk) для определения параметров движения *C. Elegans*. Данный плагин позволяет обрабатывать целые массивы видеофайлов, сохраняя результаты характеристик движения объектов в txt файлы, содержащие отдельные таблицы с данными для каждого видеофайла.

2. Были написаны макросы под Excel, позволяющие обрабатывать txt файлы с данными, полученные плагином wrMTrck_Batch в imageJ, и сохранять их в сводную результирующую таблицу Excel.

Использование вышеописанного алгоритма подсчета основных характеристик движения сперматозоидов позволило значительно

сократить время обработки начальных данных: сводная таблица характеристик движения сперматозоидов из 405 нарезанных видеороликов была получена автором менее чем за 30 мин.

Таким образом, применение плагина `wtMTrack_Batch` целесообразно для получения характеристик движения большого числа отдельных мелких объектов. А при наличии большого массива обрабатываемых видеофайлов позволяет избежать выполнения огромного количества рутинных действий по обработке каждого видеофайла в отдельности.

Автор предлагает активно использовать возможности Excel макросов для сбора и анализа биологических данных.

ФОСФОР И КРЕМНИЙ В АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЯХ В РАЙОНЕ ПОС.КАЦИВЕЛИ В 2010 – 2013 ГГ.

А.В.Вареник¹, О.Н.Козловская²

¹*Севастопольское отделение ФГБУ «Государственный океанографический институт им. Н.Н.Зубова», г.Севастополь*

²*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь*

С ростом промышленности, производства продуктов питания, активного использования земель человеком существенно изменились источники и пути распространения биологически активных элементов, в том числе фосфора и кремния. Антропогенный вклад в избыточное поступление основных биогенных элементов на открытые части моря может приводить к увеличению кислотности, эвтрофикации, а в прибрежных зонах к гипоксии вод. Атмосферный вклад поступления кремния и фосфора в приповерхностный слой составляет 0,21 и 0,12 % соответственно от биогенного экспорта этих элементов из фотической зоны. Однако атмосферный фосфор является единственным источником первичного фосфора на поверхности моря в отличие от речного стока, который поставляет фосфор только в прибрежные районы [1].

Вследствие сильной стратификации открытая часть Черного моря может накапливать биогенные элементы в поверхностном слое. Нами рассматривалось поступление растворенного неорганического азота, фосфора и кремния в районе пос. Качивели с жидкими атмосферными осадками за период с 2010 по 2013 гг. Данный

район находится на южном побережье Черного моря, в удалении от антропогенных источников рассматриваемых элементов.

Анализ полученных данных показал, что содержание в пробах атмосферных осадков суммы неорганических форм азота ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3 + \text{NH}_4$) в незначительной степени имело тенденцию к увеличению в 2011 и 2012 гг. и снижению в 2010 и 2013 гг. В основном минимум содержания суммарного неорганического азота приходился на осенне-зимний период (минимальное значение – 0,33 мгN/л в октябре 2013 г.) Максимальные значения суммарного неорганического азота наблюдались в весенне-летний период (максимальное значение – 3,5 мгN/л в апреле 2011 г.). Среднемесячные значения фосфора имели тенденцию уменьшения с 2010 по 2013 гг.; максимум неорганического фосфора пришелся на октябрь – ноябрь 2011 г. (0,036 мгP/л в ноябре 2011 г.), что скорее всего связано с редкими случаями выпадения осадков в эти месяцы. Было отмечено увеличение содержания кремния в 2012 г., что возможно связано с отсутствием данных за летний и осенний период. В осадках, так же, как и в работе [2], преобладал аммонийный и нитратный азот.

Внутригодовое изменение концентрации неорганического фосфора характеризовалось увеличением концентрации фосфора в летний период, что соответствует результатам, упоминаемым в работе [3], и объясняется поступлением фосфора с продуктами метаболизма растений. Внутригодовой ход среднего содержания суммарного и нитратного азота в пробах пос. Кацивели был стабилен практически в течение всего года.

Для всех рассматриваемых биогенных элементов были подсчитаны их потоки поступления из атмосферы. Несмотря на то, что минимальная концентрация фосфора наблюдалась в 2013 г. (0,01 мг/л), его поток был минимален в 2012 г. (1,62 мг/м²). Это связано с минимальным количеством выпавших за 2012 г. осадков. В то же время поток кремния в 2012 г. был максимальным (13,64 мг/м²).

1. *Krishnamurty A., Moore J.K., Mahowald N., Luo C., Zender C.S.* Impacts of atmospheric nutrient inputs on marine biogeochemistry // *J. Geoph. Res.: Biogeosciences.* – 2010. – v.115. – G01006P.
2. *Вареник А.В.* Влияние неорганических соединений азота атмосферных осадков на поверхностный слой вод Черного моря: дис. ... канд. географ. наук : 11.00.08. – Севастополь, 2012. – 164 с.

3. Савенко В.С. Фосфор в атмосферных осадках // Водные ресурсы.– 1996. – т.3, № 2.– С.189-199.

**ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
НА МИДИЙНО-УСТРИЧНОЙ ФЕРМЕ
В АКВАТОРИИ ГОЛУБОГО ЗАЛИВА**

О.Ю.Вялова, О.А.Трощенко, А.А.Субботин, Е.В.Лисицкая,
Н.В.Поспелова, Н.Ю.Родионова, В.И.Губанов

Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского, г.Севастополь
vyalova07@gmail.com

Для организации и успешного функционирования морских ферм необходимо проведение предварительной оценки и дальнейшего мониторинга гидрологических, гидрохимических характеристик воды, обеспеченности кормовой базы культивируемых моллюсков, сезонности массового развития личинок, как выращиваемых двустворчатых моллюсков, так и потенциально опасных видов-хищников для мидий и устриц.

Гидрохимический режим и термохалинная структура морской воды в акватории мидийно-устричной фермы (пгт.Кацивели) является типичной для ЮБК и полностью удовлетворяют требованиям успешного функционирования мидийно-устричной хозяйства. Максимально широкий диапазон абсолютной изменчивости температуры для слоя 0 – 25 м достигает около 20 °С (от 5,3 до 25,2 °С). Соленость в этом слое изменяется от 17 до 18,7 ‰. Особенности исследуемой акватории являются хорошая аэрация, отсутствие заморных явлений, относительно низкое содержание биогенных веществ, а также незначительный антропогенный пресс. В период наблюдений концентрации кислорода ниже оптимальной нормы, установленной для рыбохозяйственных водоемов (ПДК = 4,2 мл/л), обнаружено не было.

Характерным для района морской фермы является отсутствие случаев дефицита фосфатов даже в периоды весенней и осенней вегетации фитопланктона, что свидетельствует об активных динамических процессах, способствующих поступлению фосфатов с нижележащих слоев моря. Минеральный азот большей частью представлен аммонийной формой, его концентрация колеблется от 50 до 90 % от общего минерального азота, что обусловлено процессами деструкции органического вещества. Уровень трофности вод района

исследований, в основном, зависит от содержания азота, кремния и фосфора, и полностью удовлетворяет требованиям успешного функционирования мидийно-устричной хозяйства.

В период 2010 – 2012 гг. в акватории Кацивели идентифицированы личинки 49 видов донных беспозвоночных, относящихся к классам Bivalvia, Gastropoda, Polychaeta, отрядам Cirripedia и Decapoda. В районе мидийно-устричной фермы обнаружены личинки хищного брюхоногого моллюска *Rapana venosa* и многощетинковых червей *Polydora websteri* и *Lysidice ninetta*, перфорирующих раковины культивируемых моллюсков и наносящих ущерб урожайности марихозяйства. Сроки нахождения личинок этих видов в планктоне необходимо учитывать при планировании проведения профилактических мероприятий на мидийно-устричной ферме.

Район Голубого залива характеризуется хорошей обеспеченностью кормовыми видами микроводорослей, в частности отмечена массовость видов золотистых, динофитовых и мелкоклеточных диатомовых водорослей, ценных для питания моллюсков. Сгонно-нагонные явления, характерные для этого района оказывали влияние на видовой состав и численность фитопланктона, а, следовательно, и на питание моллюсков. В июне 2011 г. отмечено массовое развитие сине-зеленых водорослей и потенциально ядовитой динофитовой водоросли *Dinophysis acuminata*. Предлагается проведение постоянного мониторинга численности микроводорослей, продуцирующих токсические соединения для контроля качества продукции морских ферм, установить значения ПДК для природных токсинов.

На основании многолетних наблюдений выживаемости и роста импортируемой молодежи тихоокеанской устрицы *C.gigas* можно рекомендовать использовать спат моллюсков G10 и G13 (с размерами створки > 15 мм). Суточный прирост моллюсков менялся в зависимости от сезона, с максимумом в период с августа по сентябрь, достигая 0,51 мм/сут.·экз и 0,272 г/сут.·экз. Двухлетние триплоиды росли медленнее по сравнению с диплоидными моллюсками *C.gigas*. Установлены зависимости между ростовыми показателями устриц и температурой воды, содержанием кислорода, некоторыми биогенами и содержанием меропланктона.

**МИКРОВОДОРОСЛИ – МАЛОИСПОЛЬЗУЕМЫЙ ПЕРСПЕКТИВНЫЙ
ИСТОЧНИК ПРИРОДНЫХ КАРОТИНОИДОВ:
КУЛЬТИВИРОВАНИЕ *HAEMATOCOCCUS PLUVIALIS* FLOTOW
(CHLOROPHYCEAE) В ФОТОБИОРЕАКТОРЕ
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АСТАКСАНТИНА**

Н.В.Данцюк, Г.С.Минюк, И.В.Дробецкая, И.В.Чубчикова

*Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского, г.Севастополь
nterent@mail.ru*

Получение кетокаротиноида астаксантина (АСТ) (3,3'-дигидрокси-4,4'-дикето-β-каротина) из микроводорослей как альтернатива его производству путем химического синтеза является в настоящее время одним из перспективных, интенсивно развивающихся направлений биотехнологии [Margalis, 1999; Eonseon et al., 2003]. Кроме того, существуют опасения относительно безопасности использования синтетического АСТ для потребления человеком и животными. Кетокаротиноид АСТ представляет широкое применение в аквакультуре, животноводстве и птицеводстве, а в последнее десятилетие и производстве биологически активных пищевых добавок (БАД) [Lorenz, Cysewski, 2000, Guerin et al., 2003, Han et al. 2013].

Многолетняя мировая тенденция удорожания электроэнергии определяет в последние годы повышенный интерес к использованию светоизлучающих диодов (СИД) в качестве источников света для культивирования микроводорослей в закрытых фотобиореакторах (ЗФБР) [Lee, Palsson, 1994; Кос et al., 2013; Некифоров С. Н., 2005]. Вместе с тем, широко рекламируемые технико-экономические преимущества светодиодов (самое высокое отношение лм/вт, срок службы не менее 50000 час, экологическая и пожарная безопасность, влаго-и виброустойчивость и др.) [Юнович, 2011] не всегда реализуются на практике.

Апробирован новый вариант двухстадийного культивирования *Haematococcus pluvialis* Flotov для получения АСТ, основанный на использовании закрытого фотобиореактора колоночного типа, оснащенного погружной светодиодной матрицей из белых, красных и синих светодиодов и наружными люминесцентными светильниками «Feron CAB2». Показано, что при 22 суточном цикле культивирования среднесуточный выход АСТ составляет $4,18 \pm 0,04$ мг·л⁻¹·сут⁻¹, а содержание пигмента в сухой биомассе – $2,4 \pm 0,05$ %.

H. pluvialis (штамм CALU-79) выращивали методом двухстадийной накопительной культуры [Минюк и др. 2007] в колоночном ЗФБР, предоставленном для испытаний ООО «Ихлас-Агро-Энергия (г.Саки). Основная особенность его конструкции состояла в наличии внутреннего регулируемого СИД-светильника (30 × 550 мм), размещенного в центре цилиндрической ёмкости для культуры ($\varnothing = 190$ мм, $h = 700$ мм), изготовленной из прозрачного оргстекла (ГОСТ 17622-72, Россия) внутри изолирующей «рубашки» ($\varnothing = 36$ мм, $h = 700$ мм). На I («зелёной») стадии *H. pluvialis* выращивали при непрерывном освещении на усиленной в 1,5 раза по N и P среде ОНМ [Fabregas et al., 2000], объём культуры – 14 л, pH питательной среды – 6,8 – 7,2, температура 24,5 – 26,0 °C. Интенсивность излучения СИД-матрицы увеличивали постепенно: в 1-е сут были включены только белые светодиоды на 1/3 мощности. Через 24 часа они были переведены на полную мощность, а красные и синие СИД включены на треть. Начиная с 3-их суток, все СИД были задействованы максимально. На 9-е сутки освещение усилили за счёт внешнего светильника из 5 ламп «Feron» DL 20W T4 6400K. Индукцию вторичного каротиногенеза (ВКРГ) на II («красной») стадии проводили путём 4-х кратного разбавления культуры, увеличения освещённости (боковое освещение 8000 Лк, с тыльной стороны – 6000 Лк) и подачи CO₂. pH среды снизили до 6,0 путём увеличения подачи CO₂. Температуру в реакторе удерживали в диапазоне 28,5 – 29 °C.

В этих условиях $\mu_{ср}$ накопительной культуры штамма CALU-97 за период 0 – 9-е сут составляла $\approx 0,174$ сут⁻¹, и была сопоставима со скоростью его роста в стеклянных конических колбах на 4-х лампах «Feron» DL 20W (0,191 сут⁻¹) при освещённости на поверхности колб 4000 Лк. Средняя скорость поглощения N из среды в данном эксперименте была в 3 раза ниже (5,55 мг·л⁻¹·сут⁻¹), а скорость поглощения P – в 1,2 выше (0,97 мг·л⁻¹·сут⁻¹), чем при росте на люминесцентных лампах [Терентьева и др., 2008]. На 9-е сут культивирования концентрация N в среде снизилось лишь наполовину (на 53,5 %), а P – почти на 90 %. В последующие дни ежедневная подкормка культуры фосфором (до концентрации 2 мг·л⁻¹) и дополнительное внешнее освещение позволили увеличить среднюю продуктивность культуры за период 9 – 14 сут почти в 2 раза (с $0,32 \cdot 10^5$ до $0,77 \cdot 10^5$ кл·мл⁻¹·сут⁻¹) и обеспечить ключевую предпосылку экспрессии генов биосинтеза АСТ– дефицит азота в среде. Резкое изменение условий среды при переходе на «красную» стадию привело к инициированию процессов

ВКРГ в клетках водоросли. Причем в отсутствии химических активаторов многие клетки *H. pluvialis*, активно накапливающие АСТ, сохраняли монадную структуру с хорошо выраженной гелеобразной прослойкой между плазмалеммой и клеточной оболочкой. В конце «красной» стадии двухжгутиковые монады составляли около 50% общего числа клеток. Синтез АСТ в клетках сопровождался интенсивным накоплением в них сухого вещества. К концу «красной» стадии его содержание в культуре увеличилось в 4 раза (с 0,25 до 1 г·л⁻¹). Содержание Σ КАР в биомассе, собранной в конце эксперимента, составило $2,66 \pm 0,03$ % СВ, причем в их фракционном составе на долю эфиров АСТ приходилось $89,53 \pm 0,35$ % от Σ КАР. Общий выход АСТ из литра исходной культуры (с учетом ее 10-кратного разведения при переходе на «красную» стадию) составил $92,02 \pm 0,85$ мг или $4,18 \pm 0,04$ мг·л⁻¹·сут⁻¹.

Анализ результатов апробации колоночного ЗФБР со встроенной трехцветной СИД-матрицей показал отсутствие существенного преимущества светильника данного типа перед равнозначным по световому потоку светильником из люминесцентных ламп «Feron» DL 20W T4 6400. Скорости роста *H. pluvialis* на «зеленой» стадии в обоих случаях были сходны. Существенное увеличение освещённости на «красной» стадии за счёт внешних светильников (до 22000 Лк) позволило увеличить выход АСТ почти в 2 раза по сравнению с результатами, полученными авторами ранее для штамма CALU-97. Выход АСТ из литра культуры начальной численностью клеток $0,8 \cdot 10^5$ кл·мл⁻¹ за 22 сут составил $92,02 \pm 0,85$ мг·л⁻¹ (или $4,18 \pm 0,04$ мг·л⁻¹·сут⁻¹) при содержании АСТ в биомассе $2,66 \pm 0,03$ % СВ.

ИССЛЕДОВАНИЕ СУММАРНОЙ БЕТА-АКТИВНОСТИ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ И АЭРОЗОЛЕЙ НА СЕТИ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ КРЫМА

В.Ю.Еркушов, С.А.Шибаета, А.И.Рябинин

Севастопольское отделение ФГБУ ГОИН, г.Севастополь
slavverk@ukr.net

Представлены результаты радиоэкологического мониторинга потоков суммарных бета-радионуклидов на территорию Севастополя, Феодосии, Керчи и пгт Черноморское в 1997 – 2013 гг. Отбор проб атмосферных выпадений осуществлялся с 1 января 1997 г. по

28 февраля 2009 г. ежесуточно, а с 1 марта 2009 г. по 31 декабря 2013 г. с экспозицией двое суток.

Приведены значения ежесуточных, ежемесячных и годовых потоков суммарной бета-активности радионуклидов за весь период наблюдений для каждого из пунктов радиоэкологического мониторинга. Рассчитаны общие потоки бета-радионуклидов на территорию каждого из пунктов наблюдений за 1997 – 2013 гг., исходя из предположения, что на всю территорию района мониторинга поступали равномерные потоки радионуклидов в течение исследуемого периода.

Проведено исследование трендов межгодовой изменчивости потоков суммарной бета-активности с атмосферными выпадениями в Крыму. За вышеуказанный период лишь для Феодосии в качестве модели, описывающей тенденцию с заметной характеристикой силы связи, можно принять линейную зависимость. Для Севастополя и Керчи предпочтительнее аппроксимация полиномом 5-й и 3-й степени.

Для выявления тенденции в сезонной изменчивости потоков суммарной бета-активности были построены тренды многолетней изменчивости за характерные месяцы каждого из четырех сезонов (январь, апрель, июль, октябрь). В районе Севастополя и Феодосии в весенний сезон линейный тренд более устойчив, чем в зимний, и тенденция имеет противоположный характер (в январе тренд отрицательный, а в апреле – положительный), тогда как для района Керчи изменчивость в апреле выше, чем в январе.

Выявлено наличие сложной немонотонной пространственно-временной изменчивости величин потоков суммы бета-радионуклидов на поверхность исследуемых районов Крыма, зависящей от многих факторов, состав и влияние которых в настоящее время еще полностью не оценены. Радиационно-химический состав суммарной бета-радиоактивности атмосферных выпадений является переменным и может влиять на характер ее пространственно-временной изменчивости.

Мониторинг суммарной бета-активности аэрозолей осуществляется только в Севастополе. Массив данных с января 1997 г. по декабрь 2013 г. различен по дискретности наблюдений: с 1997 г. по январь 2009 г. – ежесуточные наблюдения, а с мая 2009 г. с трехсуточной экспозицией.

Приведены статистические характеристики взаимосвязи суммарной бета-активности атмосферных выпадений со скоростью и направлением ветра в Керчи, Феодосии, Черноморском и Севастополе (ана-

логичные исследования проводились для аэрозолей). Корреляция бета-активности аэрозолей с метеопараметрами наблюдается чаще, чем для атмосферных выпадений.

Характер распределения суммарной бета-активности атмосферных выпадения близок к нормальному в Керчи – для северного, северо-западного и западного направлений ветров; в Феодосии – для северного, северо-западного и южного; в Черноморском – для северного, северо-восточного, восточного и западного направлений.

Наибольший вклад в общую бета-активность атмосферных выпадений дают ветры в Керчи северо-восточного, южного и восточного направлений, в Феодосии западного, южного и северо-восточного направлений, в Черноморском южного, северо-восточного и восточного направлений.

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА РОСТ ДИНОФИТОВЫХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

В.Е.Ерохин, А.П.Гордиенко

Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского, г.Севастополь
veerokhin@gmail.com

Динофитовые водоросли относятся к массовым черноморским видам, активно участвуют в круговороте веществ и играют важную роль в морских экосистемах. Известно, что эти водоросли чувствительны к содержанию органического вещества в среде обитания, но сведений по влиянию органических веществ на динофитовые микроводоросли практически не имеется. На этом основании, целью настоящей работы явилась оценка влияния трофически ценных растворённых органических веществ на динамику роста морских динофитовых микроводорослей в экспериментальных условиях.

Опыты проводили на альгологически чистых культурах динофитовых микроводорослей *Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld, 1901) Dodge, 1975 (Dinophyta), взятых из коллекции отдела экологической физиологии водорослей Института биологии южных морей НАН Украины. Микроводоросли выращивали при естественном освещении в лаборатории, обеспечивая дополнительный уровень освещения культур люминесцентными лампами от 1000 лк ($17 \text{ мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$) до 6000 лк ($100 \text{ мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$) в течение 6 часов светлого периода суток, сохраняя при этом длительность светового дня. Основная мето-

дика проведения исследований защищена патентом Украины на изобретение по заявке № а201212035 от 19.10.2012 г. "Способ экспериментального культивирования динофитовых микроводорослей *Prorocentrum cordatum* для исследования влияния на них фенольных соединений» (авторы: Ерохин В.Е., Гордиенко А.П., Солоницина О.Р.).

В качестве модельных трофически ценных растворённых в морской воде органических веществ нами был использован щелочной мидийный гидролизат, который имитировал в экспериментах поступающее в воду в результате деструкции и физико-химического выщелачивания органическое вещество отмирающих организмов. В гидролизате содержатся основные группы органического вещества морского генеза, имеющие трофическую ценность – аминокислоты, производные белков, углеводов и липидов и т.д. В проведении экспериментов участвовал Н.А.Голубь.

Использованные в опытах концентрации общего азота составляли в пересчёте на белок от 0,05 до 0,5 мг на литр среды, что близко к содержанию растворённых в морской воде органических веществ в летний период. Кроме того, данные концентрации растворов не мешают фотокolorиметрированию культур. Для приготовления культуральной среды применяли пастеризованную морскую воду с мидийным гидролизатом. Анализ полученных данных проводили в сравнении с контрольными культурами, выращиваемыми только на морской воде, специальных средах или на морской воде при добавке гидролизата. Такой подход позволил вычленять влияние исследованных факторов на рост динофлагеллят.

При обработке полученных результатов использовали стандартные методы.

Проведен анализ экспериментальных данных по динамике роста динофитовых микроводорослей в накопительных культурах под влиянием различных концентраций растворённых в воде модельных органических трофически ценных веществ при различных уровнях освещения.

Показано, что при возникновении отрицательно влияющих на фотосинтез факторов и при наличии в среде органических веществ, динофлагелляты переходят на гетеротрофный механизм энергообеспечения, поэтому в трофодинамических расчетах следует учитывать их вклад в формирование замкнутого цикла углерода в экосистемах.

Ранее нами было установлено, что мидийный гидролизат использовался большинством исследованных видов микроводорослей, особенно представителями пиропитовых и диатомовых. Широкий спектр органических веществ гидролизата оказывает значительное

влияние на рост культуры планктонных водорослей.

Наиболее характерным показателем потребления растворённой органики могут служить изменения в темпе деления культур микроводорослей. Сбалансированный состав органических веществ гидролизата – органические формы углерода, азота, фосфора, витаминов и микроэлементов – утилизируются фитопланктоном, не только в качестве энергетического, но и пластического материала, что приводит к ускорению темпа деления. Полученные данные показывают, что в культуре *P. cordatum*, которая потребляла гидролизат в течение всего опыта, темп деления клеток увеличился более чем вдвое по сравнению с контролем, растущим на среде Гольдберга.

Значительный интерес представляет способность микроводорослей *P. cordatum* расти на органических веществах гидролизата в темноте. При этом на рост культур влияют концентрация растворённых веществ, плотность клеток в инокуляте и другие факторы, которые необходимо учитывать, нормировать, а в некоторых случаях адаптировать, например, к новому субстрату. Указанный эффект достигается в результате выравнивания физиолого-биохимических параметров за счёт адаптации культур динофитовых водорослей к условиям гетеротрофного метаболизма. Адаптацию осуществляют путём предварительного культивирования микроводорослей в темноте на питательных средах с мидийным гидролизатом до выхода культур на экспоненциальную фазу роста.

Результаты исследования могут быть использованы при разработке рекомендаций по улучшению состояния окружающей среды, а также в биотехнологии для разработки методов стимулирования роста культур микроводорослей.

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ПОПОЛНЯЕМОСТЬ МИДИИ И МИТИЛЯСТЕРА У ЮЖНЫХ И ЮГО-ЗАПАДНЫХ БЕРЕГОВ КРЫМА В СВЯЗИ С ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ РЕГИОНА

И.И.Казанкова

Институт биологии южных морей им. О.А.Ковалевского, Севастополь
ikazani@ua.fm

Одним из элементов исследования состояния прибрежных экосистем, механизмов их функционирования является изучение процессов воспроизводства бентосных сообществ. Большинство донных организмов имеет в своём жизненном цикле планктонную стадию, за счет которой происходит расселение вида. При этом наблюдается

значительное рассеивание личинок в пространстве, что создает проблему для их возврата в прибрежную зону.

Мидия *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck) и митилястер *Mytilaster lineatus* (Gmelin) – массовые виды прибрежных сообществ обрастания, формирующихся на твердых субстратах. В Черном море в настоящее время их поселения деградируют. Этому может способствовать изменение климатических условий в регионе. *M. galloprovincialis* – относительно холодолюбивый вид, в Черном море растет круглый год, замедляя рост при повышенной и пониженной температуре, не размножается летом. Теплолюбивый *M. lineatus* растет и размножается в теплый период года. В связи с этим процессы пополнения молодью поселений у этих моллюсков могут различаться в различные годы. Предположительно, в относительно теплые годы пополнение будет более интенсивным у митилястера, в относительно холодные – у мидии.

Целью исследования было изучить межгодовую динамику пополнения поселений мидии и митилястера у берегов Крыма в связи с температурным режимом региона путём мониторинга потенциальной пополняемости этих моллюсков.

Материалы и методы. В данном исследовании под потенциальной пополняемостью мидии и митилястера понимается количество ювенильных особей этих моллюсков, появившихся за определенный период на унифицированных экспериментальных субстратах в результате оседания личинок, последующего их метаморфоза и выживания. Предполагаем, что эта величина отражает динамику и интенсивность поступления особей новой генерации в поселения митилид на твердых субстратах. Нужно отметить, что понятие «пополняемость» можно приравнять к широко употребляемому – «оседание», которое, с нашей точки зрения, не совсем точное.

В исследовании была использована запатентованная методика (Казанкова, Щуров, 2011), в которой предусмотрено применение унифицированных экспериментальных субстратов с ворсистой поверхностью, удобной для оседания личинок. Субстраты выставлялись в б. Ласпи (2008 – 2011 гг.) и Голубом заливе (2009 – 2014 гг.). Глубина мест проведения экспериментов составляла 20 – 25 м. Так как личинки мидии и митилястера по вертикали в море распределены неравномерно, исследовали два горизонта глубины – 3 и 15 м. Экспонируемые в море субстраты менялись, по возможности, ежемесячно. Экспозиция составляла 30 – 60 сут.

Результаты и обсуждение. Из рисунка видно (рис., а, б), что почти во все годовые периоды среднегодовые величины потенциаль-

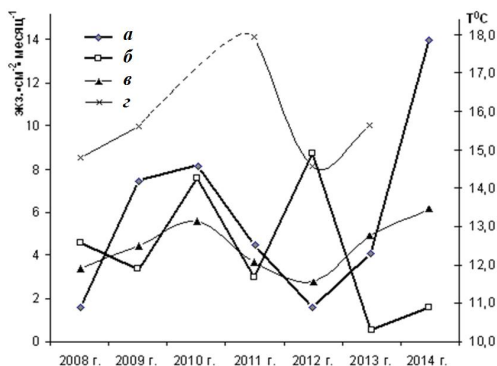


Рис. Среднегодовая потенциальная популяемость митилястера (а), мидии (б) у южных берегов Крыма в слое 3 – 15 м и средняя температура поверхности воды в Севастопольской бухте за первые (в) и вторые (г) полугодия в 2008 – 2014 гг.

ной популяемости мидии и митилястера изменялись в противоположном направлении. Так, в 2009, 2010, 2013 и 2014 гг. популяемость митилястера возрастала, а мидии, как правило, – уменьшалась, по сравнению с предыдущими годами – 2008 и 2012 гг. соответственно. В 2012 г. наблюдалось обратное: интенсивность оседания митилястера довольно резко снижалась до минимального своего значения – менее 2 экз.·см⁻²·мес⁻¹, в то время как мидии – повышалась и достигала максимальной величины за весь исследуемый период – около 9 экз.·см⁻²·мес⁻¹.

При анализе температурных условий (рис., в, г) можно заключить, что увеличение потенциальной популяемости митилястера проходит на фоне роста средних значений температуры воды (2008 – 2009, 2012 – 2014 гг.), а уменьшение – при понижении этих значений (2010 – 2012 гг.). У мидии, в основном, зависимость от температуры была обратная, но не такая явная. Это может свидетельствовать о действии других факторов – например, течений. Следует отметить, что в холодной воде мидии могут находиться в пелагиали достаточно длительное время (при 8 °С до – четырех месяцев), и течениям могут быть доставлены к берегам Крыма из очень отдаленных районов Черного моря. Так, в 2010 г. мидии оседали почти в два раза интенсивней, чем в 2009 г. При этом среднегодовая температура воды, по сравнению с 2009 г., повышалась. Возможно, сложившиеся тогда гидродинамические условия (Казанкова, Репетин, 2010) могли способствовать приносу к берегам Крыма личинок, обычно сюда не попадающих.

Вывод. Таким образом, межгодовые изменения потенциальной популяемости мидии и митилястера в 2008 – 2014 гг. носили противоположный характер. С ростом среднегодовой температуры популяемость митилястера увеличивалась, а мидии (как правило) – уменьшалась. И наоборот.

МАКРОБЕНТОС КАМЕНИСТЫХ РОССЫПЕЙ КАЗАЧЬЕЙ БУХТЫ (ЧЁРНОЕ МОРЕ)

М.А.Ковалёва

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского, г.Севастополь

Особенностью береговой линии бухты Казачья является разнообразие представленных субстратов: известняки, мергели, песчаные и других породы [1]. Анализируя имеющиеся литературные данные по макробентосу бухты, можно заметить, что естественные твёрдые субстраты, особенно их инфауна, исследованы слабо. Цель нашей работы – изучение видового состава и количественных параметров моллюсков-камнеточцев, а также макробентоса твёрдых субстратов акватории бухты Казачья.

В основу работы положены результаты исследований, выполненных в июне 2011 г. в акватории бухты Казачья. Диапазон охваченных глубин – от 0,5 до 6 м. Сборщик визуально под водой выбирал валун, предположительно заселённый камнеточцами, затем помещал его в мешок из мельничного газа, и поднимал на поверхность. Для отбора эпифауны с камней делали смывы, которые пропускали через сито с диаметром ячеек 0,5 мм. Измеряли площадь поверхности, заселённой организмами. Затем валуны раскалывали на мелкие части и извлекали из него все живые организмы. Фиксация и обработка собранного материала проводилась по стандартной методике.

Всего нами идентифицировано 32 вида гидробионтов. Из них 11 видов составили полихеты (средняя численность и биомасса – 6 экз./м² и 0,13, г/ м²), 8 – моллюски (6 экз./м² и 1,3 г/ м²) и 13 – ракообразные (12 экз./м² и 0,02, г/ м²). В основном это организмы сообщества эпифитона, однако, моллюски-камнеточцы, *Petricola lithophaga* (Philippson 1788) и *Rocellaria (Gastrochaena) dubia* (Pennant, 1777) относящихся к инфауне камней. Оба вида являются малочисленными для указанного района, но, если *P. lithophaga* имеет высокую численность в Севастопольской бухте (144,7 г/м²) [2], то *R. dubia*, по видимому, является редким видом для всего Крымского побережья.

1. Скребец Г.Н., Агаркова-Лях И.В. Парагенетические ландшафтные комплексы абразионно-бухтовых ингрессионных берегов черноморского побережья Крыма // Учёные записки ТНУ.– 2004.– т.17, № 4.– С.85-96.
2. Ковалёва М.А. Предварительные данные о распределении моллюска – камнеточца *Petricola lithophaga* (Philippson, 1788) у западного побережья Крыма (в печати).

Таблица. Видовой состав и количественные показатели (N – средняя численность, экз./м², B – средняя биомасса, экз./м², P – встречаемость, %) макрофауны каменистых субстратов в исследуемом районе.

Вид	N, экз./м ²	B, г/м ²	P, %
ANNELIDA			
<i>Amphitritides gracilis</i> (Grube, 1860)	15	0,27	40
<i>Euclymene collaris</i> (Claparède, 1869)	1	0,14	10
<i>Genetyllis tuberculata</i> (Bobretzky, 1868)	2	> 0,01	10
<i>Harmothoe reticulata</i> (Claparède, 1870)	3	> 0,01	10
<i>Hediste diversicolor</i> (O.F. Müller, 1776)	5	0,07	10
<i>Lysidice ninetta</i> Audouin & Milne-Edwards, 1833	11	0,60	50
<i>Nereis zonata</i> Malmgren, 1867	12	0,11	40
<i>Platynereis dumerilii</i> (Audouin & Milne Edwards, 1834)	9	0,16	20
<i>Polyophtthalmus pictus</i> (Dujardin, 1839)	2	0,01	20
<i>Sabellaria taurica</i> (Rathke, 1837)	3	0,03	10
<i>Typosyllis hyalina</i> [Grube, 1863]	3	> 0,01	20
MOLLUSCA			
<i>Acanthochitona fascicularis</i> (Linnaeus, 1767)	1	0,01	40
<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778)	2	0,1	70
<i>Lepidochitona cinerea</i> (Linnaeus, 1767)	1	0,18	20
<i>Mytilaster lineatus</i> (Gmelin, 1791)	28	2,22	80
<i>Petricola lithophaga</i> (Retzius, 1788)	10	7,4	50
<i>Rissoa splendida</i> Eichwald, 1830	1	0,05	30
<i>Rocellaria (Gastrochaena) dubia</i> (Pennant, 1777)	9	0,74	30
<i>Tricolia pullus</i> (Linnaeus, 1758)	1	0,05	10
ARTHROPODA			
<i>Amphithoe ramondi</i> Audouin, 1826	37	0,02	20
<i>Apherusa bispinosa</i> (Bate, 1857)	9	0,01	20
<i>Athanas nitescens</i> Leach, 1814	1	0,1	10
<i>Balanus improvisus</i> Darwin, 1854	2	0,03	10
<i>Caprella acantifera ferox</i> Czerniavski, 1868	29	0,01	20
<i>Cumella pygmaea euxinica</i> Bacescu 1950	1	> 0,001	10
<i>Dexamine spinosa</i> (Montagu, 1813)	9	0,01	10
<i>Leptochelia savignyi</i> (Kroyer, 1842)	27	0,003	20
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> A.Costa, 1853	31	0,01	10
<i>Pisidia longimama</i> (Risso, 1815)	2	0,06	20
<i>Siriella jaltensis jaltensis</i> Czerniavsky, 1968	4	0,01	10
<i>Stenothoe monoculoides</i> (Montagu, 1815)	4	> 0,001	10
<i>Synisoma capito</i> (Rathke, 1837)	1	> 0,001	10

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД РЕКИ ЧЕРНОЙ (КРЫМ) В 2006 – 2011 ГГ.

С.И.Кондратьев

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
skondratt@mail.ru

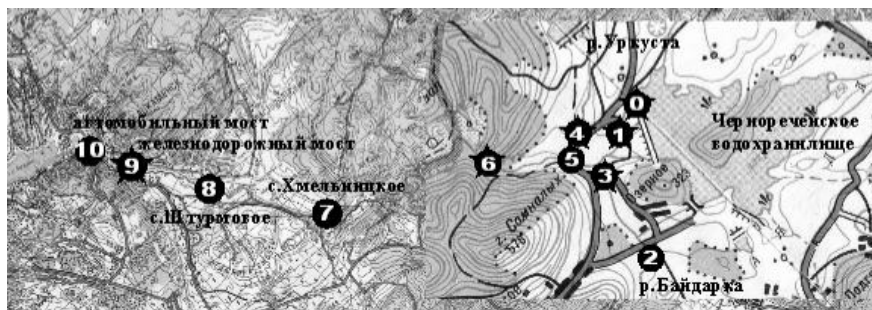
Представлены результаты анализа пространственных распределений кислорода и элементов главного биогенного цикла в водах р.Черной на ее протяжении от Чернореченского водохранилища до Инкерманской бухты г.Севастополя, полученных по данным экспедиционных исследований Морского гидрофизического института в 2006 – 2011 гг.

Севастопольская бухта является морской акваторией эстуарного типа, принимая в восточной части (под Инкерманом) воды реки Черной – единственного постоянного водотока для бухты. Река Черная является основным океанографическим фактором, влияющим на экологическое состояние Севастопольской бухты, что объясняет необходимость мониторинга состояния вод реки.

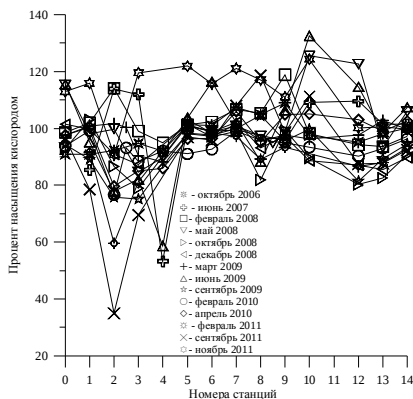
Воды реки Черной, составляющие основу водных ресурсов Севастопольского региона, были зарегулированы в 1954 – 1956 гг., после построения в верховье реки Чернореченского водохранилища. Река Черная используется в качестве естественного водовода для обеспечения водоснабжения Севастополя питьевой водой, принимая ежедневно из водохранилища около 140 тыс. м³ воды. На первом водозаборе (2-й гидроузел) перед селом Хмельницкое отбирается примерно половина поступившей из водохранилища воды, на втором водозаборе (14-й гидроузел) в районе села Штурмовое отбираются остатки воды и река Черная, согласно данным официального сайта Севгороводоканала, заканчивает свое течение.

На самом деле, р.Черная, хотя и теряет после двух водозаборов примерно 90 – 95 % объема, тем не менее, пусть и в виде гораздо менее полноводного ручья, продолжает свой путь в Инкерманскую бухту, принимая по пути от с. Штурмовое как стоки организованных сбросов, так и сбросы сточных вод предприятий, расположенных в водоохранной зоне.

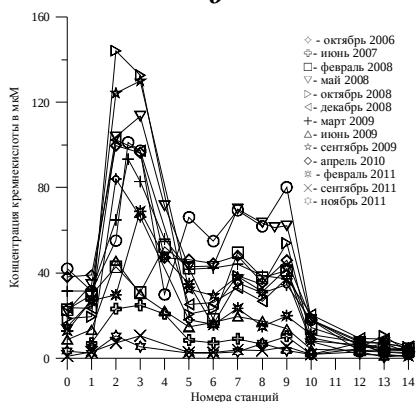
С точки зрения экологии бухты было бы очень важно, прежде всего, дать оценку количеству гидрохимических элементов, поступающих в воды Севастопольской бухты со стоком р.Черной, такую оценку можно сделать, только если известен объем вод, непосредственно поступающих в бухту, но на данный момент эта задача не решена.



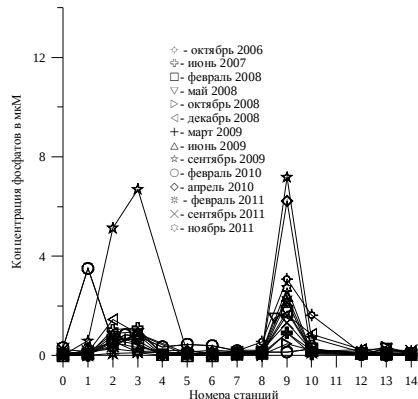
а



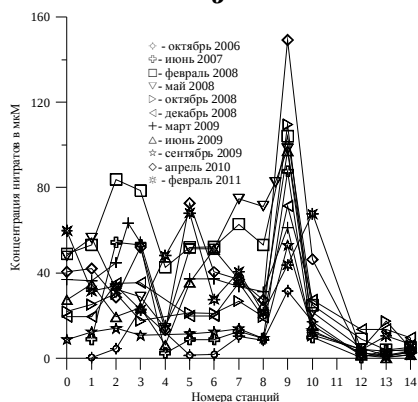
б



в



г



д

Рис.1. Схема станций по р.Черной (а), насыщение кислородом вод в % (б) и содержание в мкгМ: фосфатов (в); кремнекислоты (г) и нитратов (д) в водах реки Черной и Севастопольской бухты.

На рис.1, *а* представлена схема станций по реке, номера станций подобраны так, чтобы по мере их возрастания происходило перемещение вниз по течению реки. При этом ст.0, 1 – характеризуют состав вод водохранилища, ст.2 – 4 – состав вод неочищенных вод притоков р.Черной, ст.5 – 7 срединного течения реки (состав вод, поступающих в сеть г.Севастополя), ст.8 – 10 нижнего течения – состав вод р.Черной по мере приближения к устью. К данной схеме речных станций добавлены «морские» ст. 12 – 14, на которых представлены гидрохимические данные по выполненной накануне съемке Севастопольской бухты: ст.12 – данные для «морской» станции возле автомоста, ст.13 – осредненные данные для трех станций в Инкерманском ковше, ст.14 – осредненные данные для всей бухты. Следовательно, продвигаясь по сетке станций от ст.0 до 14 можно проследить изменение состава вод р.Черной вниз по течению и сравнить состав вод реки на различных участках и вод Севастопольской бухты (в устье реки, в Инкерманском ковше и всей бухты).

На рис.1, *б – д* представлено как изменяется насыщение вод кислородом и содержание в воде р.Черной трех биогенных элементов по мере продвижения от Чернореченского водохранилища в Севастопольскую бухту. Как видно, на ст.9 концентрации всех представленных биогенных элементов резко возрастают, после чего, по мере разбавления речных вод морскими, содержание биогенных элементов уменьшается до уровня, характерного для Севастопольской бухты.

Сравнение концентраций биогенных элементов на устьевой ст.9 и в водах Севастопольской бухты за весь период исследований показывает, что устье р.Черной является поставщиком большого количества кремнекислоты, фосфатов и нитратов, тогда как по содержанию нитритов или органического фосфора воды реки не слишком отличаются от вод бухты.

ГЕОЭКОЛОГИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ КРЫМА

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

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь

Черное море и особенно его шельфовая зона имеют неудовлетворительное экологическое состояние, которое связано с превышением объема поступления загрязняющих веществ над ассимилирующей способностью морских экосистем. Особенно опасны для экосистем моря расположенные в прибрежной полосе точечные ис-

точники загрязнения, связанные с функционированием промышленно-городских агломераций, предприятий промышленности и коммунально-бытового хозяйства.

Тяжелые металлы, как опасные загрязняющие вещества в природной среде, особенно в донных отложениях, находятся в непрерывном процессе миграции, в результате обмена между гидросферой и литосферой через одну из основных геохимических барьерных зон «дно – вода».

Объектами исследования в настоящей работе являются бухты Севастопольского региона (Севастопольская, Балаклавская, Казачья), а также Феодосийский залив и Керченский пролив. Тяжелые металлы определялись с помощью рентгенофлуоресцентного метода анализа на приборе Спектроскан МАКС–G.

Целью данной работы является исследование содержания микроэлементов (As, Ti, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, V, Sr, Fe, Mn) в донных отложениях перечисленных объектов, а также оценка влияния основных геохимических характеристик донных отложений (гранулометрического состава осадков, содержание органического углерода и карбоната кальция) на географические особенности распределения исследуемых элементов.

Методами статистического анализа определены коэффициенты корреляции между распределением тяжелых металлов и геохимических характеристик донных осадков.

Установлено, что пространственное распределение тяжелых металлов различно для каждого элемента и не однородно по площади исследованных акваторий и зависит от интенсивности и распределения источников загрязнения, океанографических характеристик акваторий (в первую очередь особенностей динамики вод), геохимических свойств микроэлементов.

Анализ пространственного распределения тяжелых металлов в донных отложениях позволил выделить зоны повышенного содержания исследуемых микроэлементов: Севастопольская бухта – стронций, мышьяк, хром, никель, свинец, ванадий, железо; Казачья бухта – медь, кобальт, хром, титан, никель; Балаклавская бухта – свинец, хром, цинк, медь, мышьяк; Феодосийский залив – цинк, хром, свинец, мышьяк, медь; Керченский пролив – кобальт, никель, цинк, хром, мышьяк, ванадий.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке по проекту РФФИ № 14-05-90400 «Исследование современного состояния и прогноз развития прибрежных геосистем в Азово-Черноморском бассейне с учетом изменчивости природных факторов и антропогенного пресса».

ВАРИАЦИОННАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПЕРЕМЕННОЙ ПО ПРОСТРАНСТВУ МОЩНОСТИ ИСТОЧНИКА В КАЗАНТИПСКОМ ЗАЛИВЕ

В.С.Кочергин

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
vskocher@gmail.com*

Рассматривается модель переноса пассивной примеси в Азовском море. На её основе реализован вариационный алгоритм идентификации мощности источника загрязнения. При изучении динамики распространения примесей необходимо использование как современных математических моделей [1], так и методов усвоения данных измерений [2, 3], которые позволяют идентифицировать входные параметры модели. Алгоритмы усвоения данных измерений основаны, как правило, на минимизации квадратичного функционала качества прогноза, характеризующего отклонения модельного решения от измерений. При этом модель переноса пассивной примеси выступает в качестве ограничений на вариации входных параметров. В [4] всесторонне рассмотрен вариационный алгоритм идентификации мощности источника для двумерной модели, показана его работоспособность при наличии измерений на периферии пятна загрязнений в случае действия точечного источника постоянной и переменной по времени мощности. В данной работе такой подход применен для трехмерной модели переноса пассивной примеси в Азовском море.

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

В заданной области в Казантипском заливе на дне задается переменное по пространству значение мощности источника загрязнения (рис.1). В процессе итерации происходит идентификация пространственной структуры искомой величины (рис.2). При уменьшении общего объема информации о поле концентрации сходимость итерационного процесса замедляется. Существенно ускоряется процесс идентификации в случае если мощность источника, в указанной области, является

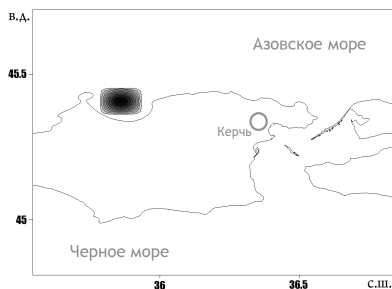


Рис.1. Поле мощности источника загрязнения на дне.

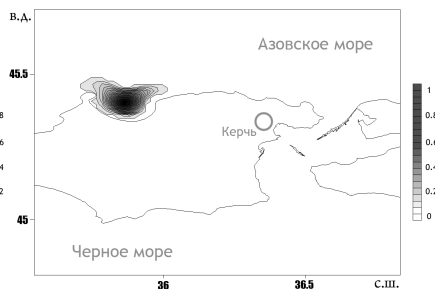


Рис.2. Восстановленное поле мощности источника (20-я итерация)

постоянной величиной, тогда для достижения минимума функционала при работе данной процедуры достаточно одной итерации. Используемый алгоритм позволяет восстанавливать пространственную структуру потока вещества. Аналогично решается задача для идентификации мощности источника загрязнения на поверхности моря.

В целом проведенные численные эксперименты показали надежную работу алгоритма идентификации мощности источника загрязнения, применительно к модели переноса пассивной примеси в Азовском море. Результаты могут быть использованы для решения различных задач экологической направленности при изучении воздействия источников загрязнения антропогенного характера в акватории Азовского и Черного морей.

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

КАРБОНАТНАЯ СИСТЕМА ВОД КАК ИНДИКАТОР БАРЬЕРНОЙ ЗОНЫ "РЕКА – МОРЕ" (Б. СЕВАСТОПОЛЬСКАЯ (ЧЕРНОЕ МОРЕ) – Р. ЧЕРНАЯ)

О.Г.Моисеенко, Е.В.Медведев, Д.С.Хоружий

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
olga.moiseenko.65@mail.ru, eugene.medvedev1984@gmail.com

В биогеохимических исследованиях морских и пресных вод особое положение занимает карбонатная система, соотношение компонентов которой является индикаторами биотических и абиотических процессов водных сред.

В барьерных зонах «река-море» происходит резкое изменение гидрологических и гидрохимических характеристик, что, в свою очередь, оказывает влияние на соотношение компонентов карбонатной системы – буферной системы пресных и основной буферной системы морских вод. В свою очередь, это позволяет выявить особенности барьерной зоны и понять механизм формирования бюджета углерода в эстуарии.

Целью настоящих исследований является оценка барьерной зоны «река-море» на участке р. Черная – Севастопольская бухта с помощью градиентов концентраций компонентов карбонатной системы и выявление особенностей их изменений, а также определение характеристик маргинального фильтра: контрастности и протяженности.

Анализ значений градиентов геохимического барьера для ряда показателей, часть из которых измерялась непосредственно во время гидрохимических исследований р. Черной, была отмечена существенная выраженность карбонатной системы даже при малом градиенте солености. Сезонная зависимость градиентов биогеохимического барьера р. Черная – б. Севастопольская не выявлена.

При оценке контрастности были отмечены низкие изменения этого параметра для растворенного неорганического углерода и значительные изменения – для растворенного диоксида углерода ($[\text{CO}_2]$) и его фугитивности ($f\text{CO}_2$) – это делает $[\text{CO}_2]$ и $f\text{CO}_2$ более выраженными индикаторами барьерной зоны. Этот факт позволяет использовать значения концентраций компонентов карбонатной системы и $f\text{CO}_2$ вместо солености для определения места положения и ширины биогеохимического барьера. Рассчитав контрастность маргинального фильтра р. Черная – б. Севастопольская по компонентам карбонатной системы, было установлено, что протяженность

биогеохимического барьера в пределах изменяется от 1,27 до 4,1 км.

Значение $f\text{CO}_2$ для речных вод на всем протяжении реки, превышало значение $p\text{CO}_2$ в атмосфере, которое, в районе крымского побережья равно 380 мкاتم, создавая тем самым по всей протяженности реки условия для эвазии CO_2 . Среднее значение $f\text{CO}_2$ превышает величины $f\text{CO}_2$ в зоне смешения от двукратного зимой и осенью, до более чем десятикратного летом. Наблюдаются максимальные весенне-летние значения для реки и минимальны для барьерной зоны и, наоборот, осенью и зимой величины $f\text{CO}_2$ минимальны в речной воде и максимальны в смешанных водах.

Изучение сезонных изменений карбонатной системы показало, что в паводковый период поступление неорганического углерода в бухту с водами реки практически вдвое превышало его поступление в меженный период. Вклад р. Черной в бюджет неорганического углерода б. Севастопольской составил 2250 – 2300 т неорганического углерода в год, с учетом того, что среднегодовой расход воды в р. Черной по разным оценкам составляет 56,0 – 57,0 млн. м³.

Исходные условия миграции элементов и различия биоклиматических условий, зависящие как от природных, так и антропогенных воздействий (особенно – миграционные потоки техногенных веществ), влияют на природу и пространственное положение геохимических барьеров. Соотношения компонентов карбонатной системы более чутко реагируют на эти изменения, чем соленость, поэтому их целесообразнее использовать в качестве индикаторов биогеохимического барьера вместо солености.

ЛАНДШАФТНОЕ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ И АКВАТОРИИ ЗАЛИВА МЕГАЛО-ЯЛО (КРЫМ, ЧЁРНОЕ МОРЕ)

М.А.Попов, Е.В.Лисицкая, Н.В.Поспелова

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского, г.Севастополь
maricultura@mail.ru

С целью изучения ландшафтного и биологического разнообразия залива Мегало-Яло и разработки методов рационального использования его природных ресурсов в 2003 – 2013 гг. были проведены комплексные геоморфологические, гидрологические и гидробиологические исследования (рис.).

Для берегов залива выделены следующие формы рельефа: обрывы, пляжи, клифы, волноприбойные ниши, гроты, кекуры, глыбовые навалы.

На северо-западе залива от Мраморной балки до Василевой бухты берега покрывают петрофитные степи с ковылем, чабрецом, асфоделиной.

Восточнее они сменяются горной лесостепью с можжевельником высоким, дубом пушистым. От Серебряного пляжа до скал урочища Аязма склоны покрыты субсредиземноморскими сосново-можжевельновыми лесами. Здесь произрастают сосна Станкевича, можжевельник высокий, дуб пушистый и скальный, земляничник мелкоплодный. Горные склоны над скалами мыса Айя покрыты дубово-грабовыми и высокоствольными (до 20 м) лесами из граба и бука.

Рассчитаны геоморфометрические характеристики залива (табл.). Площадь водного зеркала – 37,79 км², объем воды – 2,17 км³, средняя глубина – 59,4 м.

В период исследований минимальное абсолютное значение температуры воды (6,8 °С) зафиксировано в феврале, максимальное (26,8 °С) – в августе. Среднегодовая температура на поверхности за весь период наблюдений составляла $15,0 \pm 0,7$ °С.

Минимум среднемесячной солености на поверхности приходился на июль, максимум – на декабрь. Максимальная соленость (18,01 ‰), была вызвана зимней термической конвекцией, минимум (17,27 ‰) –

Таблица. Распределение площадей и объемов вод в заливе Мегало-Яло.

глубины, м	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
площадь, км ²	2,16	2,12	1,36	0,89	1,60	3,87	8,25	17,54
площадь, %	6	6	4	2	4	10	22	46
объем, км ³	0,01	0,03	0,03	0,03	0,07	0,2	0,5	1,3
объем, %	0,5	1,4	1,4	1,4	3	9	23	60

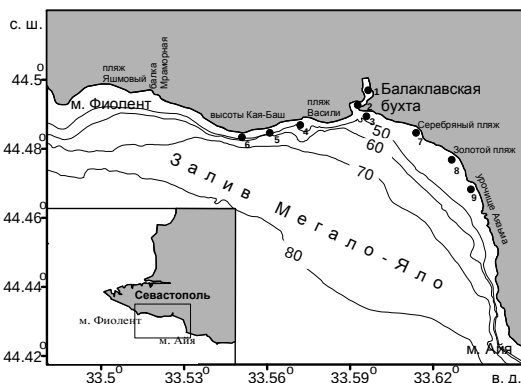


Рис. Карта-схема района исследования.

переносом азовоморских вод в системе Основного черноморского течения. Среднегодовая соленость составляла $17,74 \pm 0,02$ ‰.

Одним из направлений в изучении биоразнообразия флоры и фауны прибрежных вод является мониторинг видового состава и численности фито- и меропланктона. За период исследований идентифицировано 140 видов планктонных микроводорослей, относящихся к следующим таксонам: Ochrophyta (класс Bacillariophyceae – 56 видов и внутривидовых таксонов (ввт), [Dictyochophyceae](#) – 5, [Chrysophyceae](#) – 2 вида), Myzozoa (класс Dinophyceae – 53 вида и ввт), Haptophyta (11 видов), Chlorophyta (3 вида), Cyanobacteria (6 видов), Cryptophyta (1 вид), Euglenozoa (1 вид). На всех станциях таксономическая структура фитопланктона была типичной для Черного моря.

В период исследований идентифицированы пелагических личинки 63 видов донных беспозвоночных, относящихся к следующим таксонам: Polychaeta (20 видов, 12 семейств), Crustacea (отряды Cirripedia (6 видов, 3 семейства) и Decapoda (12 видов, 8 семейств), Bivalvia (11 видов, 7 семейств), Gastropoda (13 видов, 11 семейств), Phoronidea (1 вид).

Залив Мегало-Яло характеризуется высоким ландшафтным и биологическим разнообразием. Для сохранения уникального природного комплекса залива Мегало-Яло и как важный этап в расширении сети природоохранных объектов Крыма можно рассматривать данный район как перспективный для заповедания.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОДОВОЙ ДИНАМИКИ ФИТОПЛАНКТОНА И БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В АКВАТОРИИ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОПТИМИЗАЦИОННОГО МЕТОДА КАЛИБРОВКИ БИОГЕОХИМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

К.А.Слепчук

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь

Описывается использование одномерного варианта модели качества вод МЕССА с целью осуществления прогноза динамики фитопланктона и биогенных элементов поверхностных вод акватории Севастопольской бухты. Данные, полученные в процессе вычислительного эксперимента, сопоставляются с натурными данными, осредненными за 2002 – 2005 гг. В целях улучшения прогнозируемого

результата применяется оптимизационный метод прямого поиска Хука-Дживса.

В данной работе было проведено моделирование годовой динамики фитопланктона, органического фосфора, органического азота, фосфора фосфатов, аммонийного азота, азота нитритов и нитратов в акватории Севастопольской бухты с помощью модели качества вод МЕССА (Model for Estuarine and Coastal Circulation Assessment) [1]. Севастопольская бухта очень активно используется на протяжении более двух столетий в различных сферах народного хозяйства. Бухта является гаванью для военных и торговых судов. По берегам бухты расположена историческая часть города Севастополя, а также промышленные предприятия (судоремонтные и судостроительные, нефтебаза, ТЭЦ и др.). В бухте функционируют более 30 выпусков сточных вод – аварийных, временных и постоянно действующих, через которые поступает от 10 до 15 тыс. м³ сточных вод в сутки. Основной объем стоков сбрасывается без очистки [2]. Бухта используется для судоходства и в рекреационных целях.

В соответствии с принципами осреднения, модель может иметь различную пространственно-временную разрешающую способность. Калибровка и эксплуатация трехмерной прогностической модели водной экосистемы предъявляет высокие требования к вычислительным возможностям ЭВМ и требует значительных, зачастую нереальных затрат машинного времени и времени исследователя. Поэтому на начальном этапе используется одномерный (с разрешением по вертикальной координате) вариант, где все данные осреднены в одной точке при средней глубине водоема.

В связи с достаточно большими несоответствиями данных, рассчитанных по модели, и натурных данных был применен оптимизационный метод Хука-Дживса [3]. Это метод прямого поиска минимума функционала, состоящий из последовательности шагов исследующего поиска вокруг базисной точки, за которой в случае успеха следует поиск по образцу. В уравнения блока эвтрофикации модели включены параметры (удельные скорости химико-биологических процессов) и коэффициенты в эмпирических уравнениях, описывающих изменчивость значений этих параметров в зависимости от характеристик среды и внешних факторов. Далее, варьируя эти параметры в рамках возможного диапазона их изменчивости, проводится попытка достижения максимального соответствия модельных результатов и данных наблюдений, используя минимизацию суммы квадратов отклонений данных, рассчитанных по модели, и натурных данных.

1. *Иванов В.А., Тучковенко Ю.С.* Прикладное математическое моделирование качества вод шельфовых морских экосистем.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006.– 368 с.
2. *Иванов В.А., Овсяный Е.И., Репетин Л.Н., Романов А.С., Игнатьева О.Г.* Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты и его изменения под воздействием климатических и антропогенных факторов. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006.– 90 с.
3. *Банди Б.* Методы оптимизации. Вводный курс: Пер. с англ.– М.: Радио и связь, 1988.– 128 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РОЛИ ЧЕРНОМОРСКИХ АЛЬГОВИРУСОВ В ПИТАНИИ МИДИИ MYTILUS GALLOPROVINCIALIS

О.А.Степанова, И.И.Казанкова

Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского, г.Севастополь
solar-ua@ya.ru, ikazani@ua.fm

Вирусы гидросферы играют важную, но мало изученную роль в экологии водоемов, являясь самой многочисленной группой среди обитателей планктона и бентоса. Вирусный лизис является основной причиной ежедневной гибели около 20 % гетеротрофных бактерий и 3 – 5 % клеток фитопланктона, при этом в среде появляются микронные и субмикронные органические частицы, которые поглощаются и утилизируются различными гидробионтами (представителями бактерио- и фитопланктона, простейшими, личинками зоопланктона и др.), что способствует их росту и развитию. С позиций рассмотрения морских вирусов, как одной из составляющей органической взвеси микропланктона с учетом возможной роли в питании объектов марихозяйств, исследования никогда не проводились.

Наша работа была посвящена изучению в эксперименте роли черноморских альговирусов в питании мидии *Mytilus galloprovincialis*, для чего определяли концентрацию вирусов из окружающей среды мидиями, а также их утилизацию (усвоение) и выведение с фекалиями в активном состоянии.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводили с использованием модели вода – альговирусы – мидии – фекалии (опыт) и вода – мидии – фекалии (контроль) с учетом всех контролей воды, вирусных суспензий, мидий и фекалий. Всего было

проведено 15 экспериментов, продолжительность которых последовательно удлиняли от 1,5 ч до 12 дней.

В качестве альговирусов были использованы суспензии вирусов микроводорослей *Tetraselmis viridis* (TvV), *Dunaliella viridis* (DvV), *Prorocentrum pusilla* (PpV) и *Isochrysis galbana* (IgV). Вирусы были изолированы при помощи запатентованной авторской методики с использованием жидких культур микроводорослей, полученных из отдела экологической физиологии водорослей ИнБЮМ. Морфология и особенности черноморских альговирусов, в т.ч. геномный состав некоторых штаммов описаны ранее.

В опыте и контроле использовали равные объемы предварительно пастеризованной морской воды (от 0,1 до 1 л). В опыт добавляли суспензию альговируса с разным первоначальным инфекционным титром. В контроль дополнительно добавляли объем воды, равный объему вирусной суспензии в опыте. Затем из опыта и контроля отбирали по 10 мл воды (для исследования ее первоначального состояния) и помещали туда мидий в равном количестве (от 4 до 17 экз.) с длиной раковины от 25 до 65 мм. За сутки до эксперимента мидий, очищенных от обрастателей и трижды промытых в проточной водопроводной воде, помещали в пастеризованную морскую воду для освобождения от возможно присутствующих в них альговирусов. Отбор мантийной жидкости проводили путем осторожного раздвигания створок раковин стерильным скальпелем. Для подсчета общего объема мантийной жидкости учитывали число мидий и их размер.

Фекалии собирали на мельничное сито с диаметром отверстия в 100 мкм, подсушивали фильтровальной бумагой и взвешивали на аналитических весах. После этого к фекалиям добавляли пастеризованную морскую воду для получения 10 % взвеси, которую затем изучали (для определения титра альговирусов, выводимых фекалиями из организма мидий).

Определение инфекционного титра вирусов в пробах проводили путем десятикратного разведения на основе авторской методики. Метод позволяет определять титр вирусов в инфекционных единицах в 1 мл исследуемого материала. Для облегчения представления о концентрации вирусов в пробах мы предположили, что 1 инфекционная единица будет соответствовать инфекционному действию как минимум 1 вируса. Таким образом, для удобства мы искусственно уравнивали инфекционные единицы с числом вирусов.

Результаты и их обсуждение. Было определено, что через 1,5 – 20 ч концентрация вирусов в мантийной жидкости мидий соответствовала вирусной концентрации в окружающей среде, т.е. в воде (от 100 до 10000000000 вирусов в 1 мл). Через несколько суток концентрация вирусов в воде обычно снижалась на 1 – 2 порядка, в то время как в мантийной жидкости она была выше на 1 – 2 порядка (относительно воды в опыте в конце эксперимента). Концентрация вирусов в фекалиях доходила до 1000000 вирионов в 1 мл 10 % взвеси, что при пересчете на общее количество веса фекалий соответствовало не более 40000 вирусов. Численность выводимых с фекалиями вирусов, несмотря на их высокую концентрацию в изучаемой взвеси, составляла не более 2,2 % от первоначального числа вирусов в опыте.

Утилизацию вирусов мидиями, что по нашему предположению соответствует усвоению вирусов, определяли по формуле:

$$(K_{\text{вн}} \cdot O_{\text{в}}) - (K_{\text{вк}} \cdot O_{\text{в}} + K_{\text{м}} \cdot O_{\text{м}} + K_{\text{ф}} \cdot B_{\text{ф}}),$$

где $K_{\text{вн}}$ обозначает концентрацию вируса в 1 мл воды в начале опыта, $K_{\text{вк}}$ – концентрацию вируса в 1 мл воды в конце опыта, $K_{\text{м}}$ – концентрацию вируса в мантийной жидкости, $K_{\text{ф}}$ – концентрацию вируса в 1 г фекалий, $O_{\text{в}}$ – объем воды, $O_{\text{м}}$ – общий объем мантийной жидкости, $B_{\text{ф}}$ – вес фекалий. Утилизация (усвоение) альговирюсов мидиями составила 70 – 99 % от первоначальной численности вирусов в окружающей среде (в воде), причем эта величина зависела от продолжительности опыта и от вида вируса. Так, минимальную утилизацию (70 %) наблюдали при использовании в эксперименте IgV, обладающего в отличие от других вирусов (TvV, DvV и PrV) суперкапсидом.

Заключение и выводы. Полученные в эксперименте результаты выявили утилизацию альговирюсов черноморскими мидиями *M. galloprovincialis* из окружающей среды до 99 %, причем эта величина зависела от продолжительности опыта и от сложности морфологии вируса. Было установлено, что часть альговирюсов, концентрируемая в организме фильтрующих моллюсков, возвращается в окружающую среду с фекалиями и транспортируется на дно, где может быть использована бентофагами или диффундировать обратно в пелагиаль. Таким образом, путем эксперимента было определено, что мидии не только используют вирусную составляющую в качестве пищи, но и выполняют определенную роль в циркуляции вирусов, переводя их из пелагиали в бентосный биотоп.

УСЛОВИЯ ПОСТУПЛЕНИЯ И СТРУКТУРА ВДОЛЬБЕРЕГОВОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАНОСОВ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ О.ТУЗЛА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ ВЕТРА

В.Ф.Удовик, Л.В.Харитонов

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
udovik126@bigmir.net, lukharitonova@rambler.ru

Преобладающее влияние на переформирование рельефа береговой зоны о.Тузла оказывает вдольбереговое перераспределение объемов песчаных наносов, которое, в связи со сложностью очертаний береговой линии Керченского пролива и прилегающей акватории Черного моря, в значительной степени определяется направлением ветрового воздействия. При этом, вследствие отсутствия собственных источников питания, приходная часть бюджета наносов литодинамической системы о. Тузла может формироваться практически только за счет поступления материала от абразионных берегов Таманского п-ова.

В связи с этим возрастает актуальность решения задач по оценке характера поступления и перераспределения обломочного материала, формирующего тело острова при различных направлениях штормового ветра. При этом в рамках комплексного подхода возникает необходимость исследования всей цепочки следующих взаимосвязанных процессов: поступление наносов вдоль берегов Таманского п-ва к оконечности дамбы; перемещение через Тузлинскую промоину; перераспределение непосредственно в береговой зоне о.Тузла.

Цель работы: выделить диапазоны направления ветро-волнового воздействия, определяющие условия размыва либо наращивания тела о.Тузла, в результате формирования системы вдольбереговых потоков наносов на участке береговой зоны от м.Тузла до северо-западной оконечности о.Тузла. Представляемые результаты получены на основе и являются дополнением к опубликованным ранее материалам анализа двух серий расчетов [1, 2].

Расчеты направления и интенсивности вдольбереговых потоков наносов проведены на базе ветроэнергетического метода (ВЭМ) [3], который посредством эмпирической зависимости устанавливает связь непосредственно между энергией ветра, передаваемой водной среде, и интенсивностью перемещения наносов. Преимуществом данного метода является возможность расчета направления и относительной интенсивности вдольбереговых потоков наносов при минимальном количестве входных параметров, что особенно актуально

в условиях недостаточной обеспеченности данными натурных наблюдений, необходимых для корректной региональной адаптации и валидации моделей более высокого уровня.

Совмещенная расчетная область простирается от м.Тузла на Таманском п-ове до северо-западной оконечности о.Тузла и может быть условно разделена на три участка: от м.Тузла до оконечности дамбы в Тузлинской промоине; от оконечности дамбы до юго-восточной оконечности о.Тузла; весь юго-западный берег о.Тузла, включая закругление на его юго-восточной оконечности. Возможные траектории перемещения наносов через промоину выбраны по результатам анализа распределения глубин в данном районе и на основе существующих представлений о характере распределения мощности вдольберегового потока наносов поперек подводного берегового склона. С целью исследования зависимости распределения параметров потоков наносов непосредственно от направления ветроволнового воздействия форсинг задавался в виде модельного шторма продолжительностью 24 ч с постоянной скоростью ветра 10 м/с. Направление ветра изменялось в пределах активного сектора с переменным шагом и дополнительной детализацией при значительном изменении направления либо относительной интенсивности вдольбереговых потоков наносов.

Основные результаты совместного анализа двух серий расчетов можно сформулировать следующим образом. Формирование вдоль юго-западного берега о.Тузла интенсивного потока наносов, направленного к его северо-западной оконечности происходит при направлении ветра, близкого к $160^{\circ} - 165^{\circ}$. Практически одновременно образуется зона дивергенции, в районе юго-восточной оконечности острова. Однако, при данных направлениях ветра, дамба и берег Таманского п-ова еще находятся в зоне волновой тени. В результате поступление через промоину объемов наносов, необходимых для компенсации изъятых материалов в юго-восточной части не представляется возможным, что создает предпосылки для ее интенсивного размыва с переброской части наносов на северо-восточный берег.

Наиболее благоприятные условия для транзита наносов через промоину как по прямолинейной, так и по дугообразной траекториям, создаются при ветрах диапазона $170^{\circ} - 185^{\circ}$. Однако в данном диапазоне перемещение наносов к промоине возможно только в результате размыва аккумулятивных тел, образовавшихся вдоль черноморской стороны дамбы, т.к. остальной участок до м.Тузла продолжает оста-

ваться в зоне волновой тени. При этом у юго-западного берега острова формируется интенсивный поток с незначительными градиентами, предполагающий транзитное перемещение наносов к северо-западной оконечности, и сохраняется существование зоны дивергенции.

Увеличение длины питающего потока у берегов Таманского п-ва происходит в диапазоне направления ветра $180^{\circ} - 195^{\circ}$, а при ветрах $200^{\circ} - 215^{\circ}$ уже отмечается резкое падение интенсивности потока в районе дамбы, что исключает возможность поступления наносов в промоину. Транзит наносов вдоль юго-западного берега острова достаточно резко затухает в диапазоне $195^{\circ} - 200^{\circ}$, но на юго-восточной оконечности сохраняется короткий поток, направленный в сторону Таманского залива.

Таким образом, весь исследуемый район представляет собой единую литодинамическую систему в пределах очень узкого сектора ветрового воздействия. Поступление значимых объемов наносов в литодинамическую систему острова наиболее вероятно при определенном сценарии чередования штормов с близкими направлениями ветра, обеспечивающих поэтапное перемещение и накопление обломочного материала в районе дамбы с последующим транзитом через промоину. В результате сохраняется тенденция к размыву о. Тузла и постепенного смещения в северном направлении в результате существования зоны дивергенции обеспечивающей возможность перемещения наносов на северо-восточный берег в достаточно широком диапазоне направления ветро-волнового воздействия.

1. Удовик В.Ф., Харитонова Л.В. Зависимость параметров потока наносов у юго-западного берега о. Коса Тузла от направления штормового ветра // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009.– вып.19.– С.70-77.
2. Удовик В.Ф., Харитонова Л.В. Особенности поступления наносов к юго-восточной оконечности о. Коса Тузла в зависимости от направления штормового ветра // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011.– вып.25.– С.96-103.
3. *Руководство по методам исследований и расчетов перемещения наносов и динамики берегов при инженерных изысканиях.*– М.: Гидрометеиздат, 1975.– 240 с.

РОЛЬ ГРЕБНЕВИКОВ-ВСЕЛЕНЦЕВ В ПЕЛАГИЧЕСКОЙ ЭКОСИСТЕМЕ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ ЧЕРНОГО МОРЯ

Г.А.Финенко, Г.И.Аболмасова, Н.А.Дацык, Б.Е.Аннинский

Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского, г.Севастополь

Непреднамеренное вселение в Черное море северо-атлантического гребневика *Mnemiopsis leidyi* Agassiz A., 1865 Ctenophora, Lobata) привело к катастрофе в экосистеме Черного и Азовского морей в конце 80-х гг. прошлого века. Интродукция другого вида гребневиков – *Beroe ovata* – в конце 90-х гг. инициировала новые изменения как в составе, так и в функционировании планктонного сообщества.

Мониторинг состояния популяций двух видов – вселенцев и мезопланктона, проводящийся нами с 1999 г. в прибрежных водах у Севастополя и в Севастопольской бухте с 1999 г. после вселения берое, показал, что сезонная и межгодовая динамика *M. leidyi* в эти годы сходна. Время максимального развития популяции мнemiопсиса, как правило, приходится на июль – август (исключение – 2013 г. – в первой декаде июня и 2006 г. – вторая половина августа). Максимальная летняя биомасса изменялась на порядок – от 1000 г·м⁻² (2004, 2007, 2012 гг.) до 100 – 160 г·м⁻² (2002, 2009 гг.). В последние годы (2010 – 2013 гг.) высокие величины биомассы отмечаются в весенние (апрель 2010 г.) и осенние месяцы (октябрь 2013 г.), что связано со значительным сокращением популяции берое в исследованном районе.

Диета планктоноядного гребневика *M. leidyi* в шельфовой зоне Черного моря представлена большим количеством типов жертв с сезонной сменой доминирующих пищевых организмов. Копеподы превалируют в зимне-весенние месяцы, составляя от 40 до 70 % общей численности жертв в гастральной полости. Cladocera занимают доминирующее положение в пищевом комке гребневиков в летние месяцы. Доля меропланктона (личинок моллюсков) связана с сезонной динамикой их в море, будучи самой высокой во время пика развития (март и сентябрь).

Интенсивность потребления различных видов жертв определяется видовой принадлежностью пищевых объектов. Максимальная величина отмечена при потреблении личинок бивальвий и минимальная — при потреблении копепод. Пресс популяции мнemiопсиса как на зоопланктон в целом, так и на отдельные его компоненты снижается в последние годы.

Роль 2 видов гребневигов – вселенцев в планктонном сообществе Черного моря различна. Мнемнопсис, будучи потребителем зоопланктона, влияет на количество, видовую и трофическую структуру зоопланктонного сообщества и интенсивность передачи энергии от первого трофического уровня (фитопланктон) к растительноядному мезопланктону (консументы первого порядка) и затем – к хищному макропланктону (консументы второго порядка). Массовое развитие мнемнопсиса определяет качественный и количественный состав зоопланктонного сообщества, что в свою очередь может приводить к изменениям в трофической структуре всей пищевой цепи. Выедая большую долю тонких фильтраторов в годы массового развития, гребневики создают благоприятные условия для развития мелких видов водорослей и таким образом модифицируют видовую структуру фитопланктона. Роль другого вида гребневигов – берое – сводится к регулированию численности популяции его жертвы.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШТОРМОВЫХ НАГОНОВ И ВЕТРОВЫХ ВОЛН НА МОРФОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЙОНЕ БАКАЛЬСКОЙ КОСЫ

Л.В.Харитонов, В.В.Фомин, Д.В.Алексеев, Е.В.Иванча

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
lukharitonova@rambler.ru*

Каркинитский залив Черного моря в силу морфологических особенностей является районом интенсивных морфодинамических процессов. Особой динамической активностью здесь характеризуется вдающаяся на 8 км в залив песчаная Бакальская коса. Известно, что основные изменения рельефа Бакальской косы заключаются в смещении западной ветви косы в восточном направлении, вследствие размыва западного берега косы; выдвигании ее дистальной части в акваторию Каркинитского залива Черного моря в северо-восточном направлении; уменьшении ширины косы в районе перешейка, соединяющего основное тело косы с дистальной частью и отделении дистальной части от основного тела косы.

Динамика наносов в районе Бакальской косы зависит от параметров ветрового волнения и колебаний уровня моря, что необходимо корректно учитывать при численном моделировании. Поэтому представляет интерес оценка зависимости результатов моделирования морфодинамических процессов в исследуемом районе от изме-

нений параметров ветровых волн и уровня моря. В данной работе такие оценки выполнены на основе численной гидродинамической модели XBeach (eXtreme Beach behavior). Расчетная область охватывает северную часть Бакальской косы и имеет размеры $2,2 \times 2,9$ км. Шаги сетки в зональном и меридиональном направлениях составляют 17 и 19 м соответственно. В начальный момент времени донные осадки с диаметром частиц $D_{50} = 5 \cdot 10^{-4}$ м и плотностью 2650 кг/м^3 предполагались равномерно распределенными по дну.

При набегании волн штормовой силы (высота значительных волн составляет 4 м) с юго-запада, запада и северо-запада во всех случаях имеет место размыв перешейка между дистальной частью косы и ее телом и образование прораны. Однако наиболее интенсивным этот процесс оказывается при набегании волн с запада. Эрозия дна происходит на протяжении всей береговой зоны Бакальской косы. Интенсивность данного процесса максимальна вдоль западного побережья в районе перешейка, у северо-восточного участка оголовка, а также у восточного берега южнее и севернее образовавшейся на месте перешейка прораны. При набегании волн с запада области эрозии непосредственно в районе перешейка по площади оказываются самыми обширными как в зональном, так и меридиональном направлениях. В случае набегания волн с юго-запада эрозия происходит на несколько больших глубинах, чем при набегании волн с северо-запада. Аккумуляция наносов на дне имеет место мористее районов эрозии в непосредственной близости от них. Однако это происходит не вдоль всей береговой линии Бакальской косы. Так при набегании волн с запада области аккумуляции западнее перешейка практически не образуются. Во всех рассматриваемых случаях набегания волн наибольшее накопление наносов на дне происходит к востоку от оголовка косы и вдоль восточного берега косы юго-восточнее прораны. Западнее косы площадь областей аккумуляции наносов оказывается наибольшей при волнах с юго-запада, а восточнее косы – при волнах с запада. В последнем случае также наибольшим является количество отложенных наносов восточнее прораны.

Влияние изменений уровня моря на морфодинамические процессы исследовалось для случаев постоянных во времени штормовых нагонов величиной 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 м. Установлено, что изменения характеристик эрозионных процессов проявляются в областях с глубинами не более 3 м в непосредственной близости от Бакальской косы и зависят от направления набегания волн. В част-

ности, при набегании волн с юго-запада и северо-запада с ростом величины нагонов увеличивается интенсивность процессов эрозии в районе перешейка. При этом становится заметной разница в величине и пространственной локализации размыва в этих двух случаях. При набегании волн с северо-запада перешеек размывается несколько интенсивнее, чем в случае набегания волн с юго-запада. В случае набегания волн с запада, наоборот, при росте величины нагонов глубина размыва перешейка уменьшается. На пространственную локализацию областей эрозии вдоль берега Бакальской косы наличие штормовых нагонов значительного влияния не оказывает, в отличие от характеристик областей аккумуляции наносов. Наиболее заметно это влияние прослеживается вдоль западного берега. С увеличением высоты нагонов области аккумуляции здесь расширяются в мористом направлении, в ряде районов превышая по ширине области эрозии. Самые обширные области аккумуляции образуются при набегании волн с юго-запада.

Для изучения зависимости характеристик процессов эрозии от интенсивности волнения рассматривались волны с высотами 3 и 2 м, набегающие по тем же направлениям, что и в предыдущих численных экспериментах с высотами волн 4 м при отсутствии штормовых нагонов. При этом пространственные особенности размыва перешейка Бакальской косы остаются такими же, как и в случае волн высотой 4 м, уменьшается лишь глубина размыва. Расположение областей эрозии и аккумуляции наносов в общем соответствует описанным выше случаям. Уменьшение интенсивности волнения приводит к уменьшению различий в пространственном распределении областей эрозии и аккумуляции при различных направлениях волн.

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ПРИРОДНОГО И АНТРОПОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЗАМОРНЫХ ЯВЛЕНИЙ ДНЕПРОВСКО-БУГСКОМ ЛИМАНЕ

Хмара Т.В.

*Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
marta@alpha.mhi.iuf.net*

Большая часть заморов, отмечавшихся в июле – августе в Днепро-Бугском лимане, связана не только со сбросами загрязнённых вод из водохранилищ, но и с неблагоприятными гидрологическими условиями в морском устье, главной составляющей которых

является слабая проточность из-за малых попусков, сильный прогрев воды, поступление солёных вод (сопровожающееся гибелью пресноводных и солоноводных организмов).

До зарегулирования реки Днепр весной и в первую половину лета происходил паводок, в остальное время сток был минимальным. Сооружение и эксплуатация каскада водохранилищ на территории среднего и нижнего Днепра изменили естественный водный режим половодий, изменился характер стока, его распределение по времени.

Летом уровень воды в Днепре снижается настолько, что течение прекращается вовсе, а иногда возникает обратное течение. Это происходит из-за того, что в летние месяцы Каховская ГЭС сбрасывает гораздо меньше воды, чем это необходимо для нормального функционирования экосистемы Днепро-Бугского лимана. Так, в 2002 г. солёная вода проникла в низовья Днепра, там появился сероводород, и произошла массовая гибель рыбы. Вероятно, летом 2003 г. солёная вода также поднималась вверх по лиману, потому что в те годы опять наблюдалось и прекращение течения, и течение обратное [1].

С учетом замедления скорости течения воды образуются зоны застоя, прогреваются в основном поверхностные слои. При перепаде температур с увеличением глубины (с 29 °С на поверхности до 19 – 20 °С у дна) образуется зона застоя, в поверхностном слое происходит процесс фотосинтеза – водоросли насыщают воду кислородом, а в нижних горизонтах, куда свет не проходит, водоросли отсутствуют.

Еще одним фактором является отсутствие перемешивания, нет сильных ветров, за счет которых кислородом насыщается вся толща воды. Если у поверхности воды насыщение кислородом составляет 120 – 130 %, то есть перенасыщение за счет развития сине-зеленых и зеленых водорослей, то у дна содержание кислорода падает до 5 – 6 %. Для рыбы этой концентрации совершенно недостаточно, там начинают происходить заморные явления.

С учетом выделенных факторов осуществлены модельные расчеты, на основе которых определены возможные районы, где чаще всего отмечались заморные явления разного масштаба и генезиса. Трехмерная нестационарная гидротермодинамическая модель [2] была использована для проведения серии численных экспериментов по расчету изменчивости термохалинной структуры вод и поля течений в период межени при ветрах различных направлений.

По результатам расчетов распределения солености воды по акватории лимана видно, что при условиях безветрия и маловодья вет-

ро-волновое перемешивание вод затруднено, в верхнем слое в лиман с речным стоком поступает пресная вода, на нижнем – воды повышенной солености морского происхождения (10 – 14 ‰), по судоходному каналу перемещается клин соленой воды.

Моделирование циркуляции вод показало, что в меженный период при отсутствии ветра характерной является следующая картина: поверхностный поток разделяется на две ветви. Одна часть потока со скоростью направляется вдоль северо-восточного берега лимана в Бугский лиман, другая – вдоль южного берега лимана. В зоне судоходного канала наблюдаются обратные течения, которые являются либо градиентными, либо компенсационными. В придонной области течения направлены в лиман вдоль судоходного канала по всей толще вод, достигая центральной части лимана, поток разветвляется, часть его проникает в Бугский лиман.

Реже всего заморные явления отмечались в западном районе Днепровского лимана, где самоочищающая способность водной среды больше, т.к. через Кинбурнский пролив поступает более чистая вода, ветроволновая активность больше, чем в других частях лимана, в которых происходит осаждение и утилизация некоторых вредных веществ.

Под воздействием нагонного ветра стоковые течения уменьшаются, особенно в поверхностном слое воды, ветровые течения распространяются по всей толще вод. Образуется нагон воды, возникает перекося уровня, при котором течения в поверхностном слое направлены в сторону подъема уровня, а под действием силы тяжести в придонном слое развиваются противотечения – компенсационные градиентные течения. В мелководной северной части лимана преобладают дрейфовые течения, в судоходном канале – компенсационные.

По результатам модельных экспериментов можно выделить отдельные районы устьевого региона, где чаще всего отмечались заморные явления разного масштаба и генезиса, но их точные границы пока не установлены [3]. К ним относится зона сероводородного заражения в судоходном канале. Часто заморы отмечаются в плавнях, мелководных водоёмах в дельте р. Днепр, на слабо проточных участках водотоков. Однако места заморы требуют уточнения, потому что в отдельных случаях погибшая рыба может быть принесена на мелководье течениями из других районов.

1. http://www.grivna.ks.ua/nizhnij_dnepr_neizvestnaja_reka.htm
2. Иванов В.А., Тучковенко Ю.С. Прикладное математическое моделирование качества вод шельфовых морских экосистем.– Севастополь: ЭКОСИ-

Гидрофизика, 2006.– 368 с.

3. Миньковская Р.Я. Локальные экологические катастрофы в Днепро-Бугской устьевой области // Экологическая безопасность прибрежных и шельфовых зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010.– вып.23.– С.166-170.

СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОТОКОВ CO_2 НА ГРАНИЦЕ "ВОДА – АТМОСФЕРА" ПО ДАННЫМ ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

Д.С.Хоружий, О.Г.Моисеенко, С.К.Коновалов

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
khорuzhiy@mail.ru

Ключевую роль в цикле углерода шельфовых экосистем играет диоксид углерода, поэтому оценка направления и интенсивности потоков углекислого газа между водой и атмосферой, и их сезонные и межгодовые изменения вызывают большой интерес исследователей.

С одной стороны, процесс обмена углекислым газом на границе "вода-атмосфера", определяет концентрацию растворенного диоксида углерода в морской воде, что влияет на смещение равновесий карбонатной системы и концентрацию общего растворенного неорганического углерода (TCO_2). С другой – влияние на TCO_2 и соотношение компонентов карбонатной системы оказывают апвеллинги – подъемы к поверхности более холодных глубинных вод, богатых соединениями биогенных элементов, что в условиях хорошей освещенности и большого количества органического углерода, как аллохтонного, так и автохтонного происхождения, приводит к интенсификации фотосинтетической деятельности и, как результат, к обогащению поверхностных вод органическим веществом, деструкция и окисление которого также приводит к увеличению концентрации диоксида углерода. Таким образом, оба эти процесса, изменяя концентрацию растворенного CO_2 , влияют на равновесия карбонатной системы и изменяют направления биолого-химических и физических процессов цикла углерода, направление и интенсивность которых контролируют поглотельную способность морских вод в отношении углекислого газа.

На рис.1 представлены графики интенсивности потоков CO_2 , построенные по данным экспедиционных исследований, полученных в мае, октябре и ноябре 2012 г. (рис.1, а, б, в соответственно). Особенностью этого года был длительный апвеллинг, наблюдавший

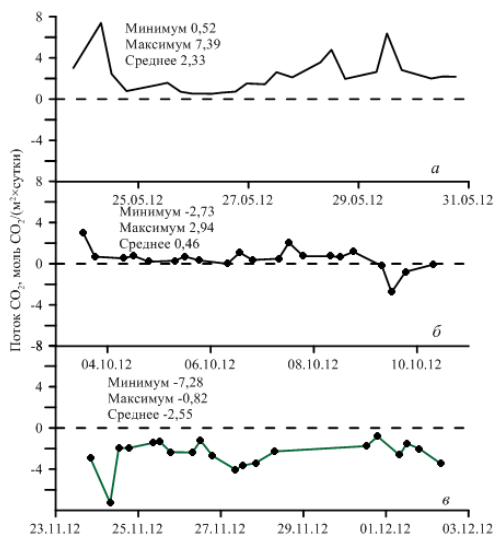


Рис.1. Интенсивность потока CO_2 на границе раз-дела море – атмосфера в мае (а), октябре (б) и ноябре (в) 2012 г.

ся в мае. В целом же приведенные графики отражают характер сезонных изменений потоков CO_2 .

Для весенне-летнего периода была характерна эвазия углекислого газа в атмосферу. Наибольшая интенсивность выделения CO_2 отмечалась в мае, что, по

всей видимости, является следствием апвеллинга, как и наблюдаемая наибольшая вариабельность интенсивности потока CO_2 . Во время осенних съемок, значения $p\text{CO}_2$, как и величина интенсивности потока, лежали в более узком диапазоне (рис.1, в).

Анализ потоков CO_2 на основании данных, полученных в холодное время года 2012 – 2013 гг., позволяет сделать вывод, что в этот период в прибрежных водах Черного моря доминирует процесс инвазии CO_2 из атмосферы в воду.

Таким образом, в летне-весенний период, наблюдалось выделение морскими водами углекислого газа. Концентрация его в воде выше, чем в воздухе, очевидно, за счет окисления органического углерода, поступившего с материковым стоком и образовавшимся в результате интенсивной фотосинтетической деятельности в условиях дополнительного поступления биогенных веществ в результате апвеллинга. В осеннее-зимний период морские воды поглощают CO_2 , скорее всего, и за счет потребления его на образование первичной продукции при условии наличия эквивалентного количества биогенных веществ, и за счет увеличения растворимости газов при понижении температуры воды.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке по проекту РФФИ № 14-05-90400 «Исследование современного состояния и прогноз развития прибрежных геосистем в Азово-Черноморском бассейне с учетом изменчивости природных факторов и антропогенного пресса».

**ОПИСАНИЕ ОСНОВНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЗВЕСИ И ОЦЕНКА ВЕСОВЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА НАНОСОВ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ
АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА
(НА ПРИМЕРЕ ГОЛУБОГО ЗАЛИВА)**

А.А.Чепыженко, А.И.Чепыженко

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь
annachev87@yandex.ru, ecodevice@yandex.ru

Возрастание антропогенной нагрузки на морское побережье (в том числе Голубого залива), наблюдаемое в последнее время, стимулировало развитие ряда методических разработок, направленных на решение прикладных экологических задач. В частности, это задачи, связанные с необходимостью оперативного определения источников загрязнения вод, оценок их интенсивности, выявления путей распространения загрязняющих веществ и охватываемых ими акваторий.

Хорошо известно, что структура полей ОБВ и РОВ определяется наличием разнообразных локальных источников и вкладом каждого из них в момент проведения гидролого-оптической съемки. В качестве источников поступления суммарного взвешенного и растворенного органического вещества на акваторию Голубого залива в разные годы нами были идентифицированы береговые источники: участок примыкающий к пляжам п.Понизовка (рекреационный фактор), сток п.Кацивели (коммунальный фактор), причальный пирс п.Кацивели (место швартовки-спуска судов и место переработки ставков-культураторов устрицы), аквапарк Голубой залив (присутствие трансформированных стоков); а также локальные источники, приуроченные к стационарным морским объектам акватории Голубого залива: устричная плантация (западная и центральная части полигона), океанографическая платформа МГИ, как выяснилось, оказывающая существенный вклад не только в распределение взвеси на акватории, но являющаяся вместе с тем и самостоятельным источником-продуцентом взвеси.

В период 2007 – 2013 гг. соотношение вкладов от уже хорошо известных источников поступления ОБВ и РОВ несколько изменялось. Происходило это, как правило, по причине сезонных изменений. В теплый период года отчетливо выделяются те из источников поступления ОБВ и РОВ, происхождение которых обусловлено хозяйственной и рекреационной деятельностью человека. При этом

превышение значений концентраций ОВВ и РОВ обусловленных антропогенным фактором над природными (фоновыми) может достигать сотен раз.

Решение задач мониторинга прибрежных акваторий нами реализуется посредством применения оптических методов исследования. При этом анализ полей мутности, содержания суммарного взвешенного и растворенного органического в водной толще веществ выполнен на основе эмпирических данных, полученных при помощи автономного гидро-био-физического измерителя – зонда «Кондор» [1] с высоким разрешением по вертикали (шаг по глубине 0,1 м, точность измерения 2 %) *in situ*. В качестве исходных сведений использованы материалы восьми гидрооптических съемок, реализованных на акватории Голубого залива на базе ИнБЮМ и МГИ за время с 2007 по 2013 гг. включительно. Координаты станций определялись при помощи спутниковой навигационной системы GPS.

Необходимо отметить возникшие сложности при проведении систематизации и выявлении сезонных закономерностей в распределении ОВВ на акватории Голубого залива, в связи с разнообразием существующих источников ОВВ, а также нерегулярностью факторов, обуславливающих активацию каждого из них. Однако нами все же выявлено, что вертикальное распределение взвешенного вещества в значительной мере обусловлено вертикальным распределением температуры и плотности воды. При этом, как правило, минимальные концентрации взвешенного вещества (и, следовательно, минимальная мутность) отмечается в ХПС.

Особенности в распределении РОВ на акватории Голубого залива нам удалось систематизировать по доминированию источника поступления РОВ. Так, для экспедиций, проведенных в летний сезон (июль – август) 2010 г. основным источником РОВ является причальная линия пирса п.Кацивели (1,2 – 1,3 мг/л на поверхности и 1,05 – 1,2 мг/л у дна); для экспедиций, проведенных в сентябре-октябре 2010 г. основными источниками поступления РОВ являются сток п.Кацивели (1,2 мг/л на поверхности до 1,1 мг/л у дна) и пляжи п.Понизовка (в меньшей степени) (1,05 мг/л на поверхности до 1,1 мг/л у дна в сентябре и 0,56 мг/л в октябре), исключением является максимум концентрации РОВ в октябре 2010 г. в верхнем слое вод центральной части устричной плантации (1,9 мг/л); во время проведения экспедиции в ноябре 2012 г. источниками РОВ являлись сточные воды аквапарка Голубой залив (0,8 мг/л) и пирс п.Кацивели

(в меньшей степени) (0,25 мг/л на поверхности и 0,7 мг/л у дна).

Заключение. На основе анализа данных восьми гидрооптических съемок, реализованных в рамках комплексного океанографического мониторинга акватории Голубого залива в 2007 – 2013 гг., исследована структура полей мутности и суммарного взвешенного вещества, выполнена оценка загрязнения рассматриваемой акватории растворённым органическим веществом. Выявлены некоторые закономерности вертикальной стратификации рассматриваемых параметров водной среды. Определены концентрации, источники поступления (береговые и локальные, приуроченные к стационарным морским объектам акватории Голубого залива) и пути распространения суммарной взвеси в зависимости от сезонов.

Показано, что большой вклад в распределении ОБВ (до 4 мг/л) и РОВ (до 1,9 мг/л) играет расположение объекта культивации марикультур – устричной плантации. Причем проведенные экспедиционные исследования позволяют выделить различную степень активности устриц на различных узлах плантации, что хорошо проявляется в значениях концентраций РОВ и ОБВ. По-прежнему хорошо идентифицируется на картах пространственного распределения ОБВ и РОВ воды, прилегающие к аквапарку Голубой залив. Впервые в качестве самостоятельного источника ОБВ и РОВ отмечается причальная линия пирса п.Кацивели.

1. <http://www.dent-s.narod.ru/kondor.html>
2. Ломакин П.Д., Чепыженко А.И., Чепыженко А.А. Результаты исследования структуры поля суммарного взвешенного вещества на участках Азово-Черноморского побережья Украины в приложении к задачам морской геологии и экологии // Геоинформатика.– 2011.– № 1.– С.66-71.
3. Ломакин П.Д., Чепыженко А.И., Чепыженко А.А. Оценка полей суммарной взвеси и РОВ в бухтах Крымского побережья на основе данных оптических измерений // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь, 2007.– вып.15.– С.168-176.
4. Чепыженко А.И., Чепыженко А.А. Картирование источников загрязнения водной акватории с применением оптических методов // III міжнародна науково-практична конференція “Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів” 3-8 жовтня 2005 р. – Дніпропетровськ: ІППЕ, 2005.– С.192-194.
5. Хайлов К.М. Экологический метаболизм в море.– Киев: Наукова думка, 1971.– 250 с.

ОПИСАНИЕ ОСНОВНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОБЩЕГО ВЗВЕШЕННОГО ВЕЩЕСТВА НА АКВАТОРИИ ДНЕПРО-БУГСКОГО ЛИМАНА С УЧЕТОМ ИСТОЧНИКОВ ПОСТУПЛЕНИЯ И СЕЗОННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ

А.А.Чепыженко, П.Д.Ломакин

Морской гидрофизический институт, г. Севастополь
annachep87@yandex.ru, p_lomakin@mail.ru

В силу своих физико-географических особенностей Днепро-Бугский лиман имеет существенное транспортное и рыбопромышленное значение для экономического комплекса Украины. Его берега являются районом активного развития рекреации и, как следствие, испытывают значительную антропогенную и техногенную нагрузку.

Получить представление о параметрах экологического состояния, практически, любого интересующего водного объекта, в данном случае акватории Днепро-Бугского лимана, мы предлагаем при помощи нетрадиционных для классической океанографии экспериментальных гидрооптических исследований, реализованных в летний период 2012 – 2013 гг. (16 и 27 станций соответственно).

Температура, соленость и содержание общего взвешенного в воде вещества определялись на каждой из станций полигона с борта маломерного судна в зондирующем режиме автономным гидро-биофизическим измерителем – зондом «Кондор» [1] с высоким разрешением по вертикали (шаг по глубине 0,1 м). Точность измерения 2 %. Координаты станций определялись при помощи спутниковой навигационной системы GPS.

Основные результаты проведенных исследований приведены ниже

Для района Днепро-Бугского лимана характерны небольшие, порядка 2 – 4 м для Днепровского лимана и максимумом в 8 м для Бугского лимана, глубины.

В общей сложности небольшие глубины места (от 2,2 м в районе м.Очаковский – Кинбуржская коса до 3,4 м в районе плавней в устьевой зоне р.Днепр, с незначительным увеличением глубины в центральной части лимана до 4,4 м) определяют возрастающую роль ветрового режима над исследуемой акваторией при формировании его вертикальной структуры вод. Немаловажную роль имеет интенсивность стока обеих рек – р. Днепр и р. Южный Буг.

На продольном через Днепровский лиман разрезе, на участке Куцуруб-Покровское – Солончаки-Геройское, выявляется зона повышенных (до 9,5 мг/л) значений ОБВ. Связано это с особой структурой атмосферной циркуляцией, в результате которой над этим участком нередко становятся штормовые явления. По этой же причине в этом районе в момент съемки сформировался однородный по значениям слой от поверхности до дна.

Район устья р.Днепр, равно как и проливная зона, – район смешения вод лимана с Черноморскими, более солеными водами, характеризуется относительно небольшими, порядка 3,5 – 5 мг/л значениями ОБВ. Наблюдается равномерный рост значений солености, уменьшения значений температуры. При этом, менее соленые (1 – 4 ЕПС) и более теплые (до 19,8°C) днепровские воды распространяются в верхнем слое с несколько большими скоростями, чем это происходит на срединном и придонном горизонтах.

В районе пролива значения солености на момент проведения съемки составило 11 – 13 ЕПС, температуры 17 – 17,8 °С.

Бугский лиман характеризуется изменением глубин от 1 м в северной ее части до 8,5 м в центральной и 3,8 м в южной.

Согласно полученным в ходе экспедиции вертикальным распределениям ОБВ, выявлено, что наибольшей динамической активности подвержен лишь верхний 2 – 4 м слой вод. Судя по всему, для Бугского лимана свойственны достаточно высокие скорости течений, поскольку на вертикальном, продольном через Бугский лиман, разрезе, в районе наиболее глубоководных станций, процессов осаждения/накопления/седиментации ОБВ практически не наблюдается. Концентрации ОБВ здесь составляет 4,5 – 6 мг/л. При том, что в верховьях р.Буг значения ОБВ порядка 11 мг/л охватывают весь слой глубин от поверхности до дна (1 м). Накопление/осаждение/либо вторичное взмучивание/разуплотнение осажденного материала происходит лишь в южной части Бугского лимана. Концентрации ОБВ здесь составляют порядка 8,5 – 9 мг/л.

В термохалинном поле выявлено, что воды р. Буг в устьевой зоне имеют достаточно высокую для речной воды соленость (порядка 10 ЕПС) и достаточно высокие значения температуры (19,6 °С). Вероятно, связано это с осуществлением промышленных сбросов на данном участке акватории. Район смешения вод Буга и Днепра характеризуется значениями температуры 18,2 °С, солености 4,5 ЕПС.

Интересным является то, что в глубинной центральной части Бугского лимана формируется зона скопления более холодных, однако соленых вод.

На поперечном разрезе через Бугский лиман, примерно в центральной его части, с обоих берегов отчетливо выделяются зоны высоких (до 9,5 мг/л) значений концентрации ОБВ. Что говорит об активном антропогенном использовании прибрежной территории реки, наличием вероятно мощных хозяйственно-бытовых или промышленных поверхностных стоков с невысокими значениями солености, при этом различного происхождения. Левобережье р. Буг, вблизи выполненного разреза ст.22 – 24, характеризуется попаданием более теплых, но с меньшим содержанием РОВ вод, правобережье – наоборот. Однако, при этом в придонной области накопления ОБВ не происходит, что также говорит о развитой структуре течений на всем протяжении р. Буг.

Таким образом, на основе анализа данных двух гидролого-гидрооптических съемок, реализованных в рамках океанографического мониторинга акватории Днепро-Бугского лимана в летний период 2012 – 2013 гг., исследована структура полей мутности и суммарного взвешенного вещества, с учетом сформировавшейся на момент съемки термохалинной структуры вод. Определены концентрации, источники поступления и пути распространения суммарной взвеси на акватории.

1. <http://www.dent-s.narod.ru/kondor.html>

INTENSITY, AREA EXTENT AND FREQUENCY OF COCCOLITHOPHORES EMILIANA HUXLEYI BLOOMS IN THE BLACK SEA: APPLICATION OF REMOTE SENSING APPROACH

T.Churilova¹, V.Suslin², S.Moncheva³, O.Kryvenko¹,
L.Manjos¹, A.Dzhuly¹, A.Newton⁴

¹*Institute of Biology of the Southern Seas, Sevastopol*

²*Marine Hydrophysical Institute, Sevastopol*

³*Institute of Oceanology of Bulgarian Academy of Sciences, Varna*

⁴*Universidade do Algarve, 8005-139 Faro, Portugal*

Detecting and monitoring of coccolithophores blooms is increasingly important due to their significant role in ocean biogeochemistry and unique capacity for feedbacks to climate because of calcite carbon and

DMS production and high reflectance. Although since long ago *Emiliania huxleyi* (Lohmann) W.W.Hay & H.P.Mohler, 1967 has been a common species in the Black Sea plankton community bloom episodes emerged as a recurrent feature of the recent period. Application of remote sensing approach, based on dependence of water inherent optical properties (particulate back scattering coefficient) on coccolithophores/coccoliths abundance, allows for tracing of coccolithophores dynamics at basin-wide scale. This approach enables quantification of bloom frequency and intensity in different regions of the sea and evaluation of bloom extent area, which could be considered as indicators of Biodiversity (GES Descriptor-MSFD).

**THE BLACK SEA REGIONAL ALGORITHM OF ESTIMATION OF
CHLOROPHYLL A CONCENTRATION AND LIGHT ABSORPTION BY
COLORED DETRITAL MATTER USING COLOR SCANNERS
(MODIS AND MERIS) DATA**

V.Suslin¹, T.Churilova², S.Moncheva³,
V.Slabakova³, A.Dzhuly², A.Newton⁴

¹*Marine Hydrophysical Institute, Sevastopol*

²*Institute of Biology of the Southern Seas, Sevastopol*

³*Institute of Oceanology of Bulgarian Academy of Sciences, Varna*

⁴*Universidade do Algarve, 8005-139 Faro, Portugal*

The SeaWiFS version of the Black Sea regional algorithm [Suslin et al., 2008] has been modified for MODIS and MERIS bands and tested for fit with ground truth data. Two-weekly maps of chlorophyll a concentration (Ca) and light absorption by colored detrital matter (aCDM) merge-products from September 1997 up to now have been produced. The comparison of model products with in situ measured data demonstrate that the new version of regional algorithm provides adequate assessment of Ca and aCDM(490).

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Аболмасова Г.И. _251	Губанов В.И. _221	Ковалёва М.А. _232
Агаркова-Лях И.В. _80	Гуров К.И. _63	Коваленко О.Ю. _137
Аксанин А.И. _65, 66	Данцюк Н.В. _223	Ковалишина С.П. _83,
Аксанина М.Г. _65	Дацык Н.А. _251	_____203
Аксеев Д.В. _252	Деметрашвили Д.И. 178	Козловская О.Н. _126,
Алескерова А.А. _157	Демьшев С.Г. 188, 213	_____219
Аннинский Б.Е. _251	Дерюшкин Д.В. _42	Комаровская О.И. _147
Архипкин В.С. _215	Дианский Н.А. _190	Кондратьев С.И. _234
Бабяк П.В. _66	Дивинский Б.В. _129	Коновалов С.К. _17,
Баширин Д.В. _135	Довгая С.В. _213	61, 63, 98, 111, 236, 257
Баяндина Ю.С. _217	Долотов В.В. _180	Кордзадзе А.А. _178
Баянкина Т.М. _147	Дорошенко Ю.В. _119	Коровушкин А.И. _133
Белецкий С.В. _37	Дробецкая И.В. _223	Кортаев Г.К. _19,
Белокрыс О.А. _37	Дроботько С.Ю. _173	_____175, 181
Белоус Н.С. _42	Дыкман В.З. _46, 49	Корчемкина Е.Н. _155
Бердников В.С. _131	Дымова О.А. _188, 213	Коршенко А.Н. _83
Богуславский А.С. _75	Дьяков С.Е. _66	Косьян Р.Д. _73
Борисов Е.В. _190	Еремеев В.Н. _17, 168	Котельянец Е.А. 63, 236
Букатов А.Е. _161	Еркушов В.Ю. _225	Кочергин В.С. 193, 238
Бурдиян Н.В. _104	Ерохин В.Е. _227	Кочергин С.В. 193, 195
Быков Е.М. _40	Ефремов О.И. _46, 49	Крашенинникова М.А.
Вареник А.В. _126, 219	Жуков А.Н. _147	_____147
Васечкина Е.Ф. _210	Забурдаев В.И. _53	Крашенинникова С.Б.
Воликов М.С. _49, 51	Загуменнов А.А. _65	_____142
Воронцов А.А. _166	Зацепин А.Г. _129,	Кропотов С.И. 70, 197
Воскресенская Е.Н. 137,	_____130, 176	Крыленко В.В. _73
_____139, 144	Зима В.В. _42, 45	Крыленко М.В. _73
Вышваркова Е.В. _140	Иванов В.А. _45,	Кубряков А.А. _129,
Вязилов Е.Д. _166, 168	_____69, 75, 168, 199, 205	_____130, 157
Вялова О.Ю. _92, 221	Иванча Е.В. _252	Кудрик И.Д. _101
Гайский В.А. _53	Иванчик М.В. _175	Кузнецов А.С. _42,
Гайский П.В. _53, 55	Игнатов Е.И. _121	_____43, 45, 69, 75, 180
Гармашев А.В. _133	Игумнова Е.М. _205	Кузьмин К.А. _57
Георгиева Е.Ю. _108	Илюшин В.Б. _35	Кузьмичёва Т.Ф. _159
Годин Е.А. _73, 170	Кабатченко И.М. _190	Куклев С.Б. _129
Гончар А.И. _25	Казаков С.И. _75, 180	Кукушкин А.С. _144
Гордиенко А.П. _227	Казанкова И.И. _210,	Кушинир В.М. _157
Горячкин Ю.Н. _73, 77	_____229, 245	Лаврова О.Ю. _69
Греков А.Н. _57	Клименко А.В. _53	Латушкин А.А. _151
Греков Н.А. _57		
Григорьев А.В. _176		

Лемешко Е.Е. _____	162	Портной В.С. _____	101	Фомин В.В. _____	190
Лемешко Е.М. _____	42	Поспелова Н.В. _____	221, 241	Фомин В.В. _____	193, 252
Лисицкая Е.В. _____	221, 241	Прохоренко Ю.А. _____	156	Фомин Е.В. _____	66
Лишаев П.Н. _____	186	Ратнер Ю.Б. _____	175, 181	Халиулин А.Х. _____	170
Ломакин П.Д. _____	87,	Репина И.А. _____	162	Харитонова Л.В. _____	73,
_____	151, 154, 262	Родионова Н.Ю. _____	221	_____	248, 252
Лубков А.С. _____	144	Рубцова С.И. _____	89	Химченко Е.Е. _____	69
Лукин А.Е. _____	13	Рябинин А.И. _____	225	Хмара Т.В. _____	254
Лунев Е.Г. _____	40	Рябушко В.И. _____	123	Холод А.Л. _____	175
Макаров К.Н. _____	173	Санин А.Ю. _____	121	Хоружий Д.С. _____	240, 257
Маркова Н.В. _____	213	Сендеров М.В. _____	184	Цыганова М.В. _____	191
Мартынов О.В. _____	151	Серебряный А.Н. _____	69	Чепыженко А.А. _____	151,
Маслова В.Н. _____	137	Сизов А.А. _____	147	_____	154, 259, 262
Медведев Е.В. _____	98, 240	Сильвестрова К.П. _____	129	Чепыженко А.И. _____	154, 259
Мезенцева И.В. _____	58, 170	Слепчук К.А. _____	243	Черкесов Л.В. _____	199, 213
Мизюк А.И. _____	181, 184	Смирнов С.С. _____	170	Чубчикова И.Н. _____	223
Миньковская Р.Я. _____	94	Совга Е.Е. _____	58, 87	Чурилова Т.Я. _____	155,
Минюк Г.С. _____	223	Соловьев Д.М. _____	129	_____	264, 265
Михайлов Н.Н. _____	166, 168	Соловьева О.В. _____	117	Шестопалов В.М. _____	75
Михайлова Н.В. _____	139	Солодова С.М. _____	205	Шиббаева С.А. _____	225
Моисеенко О.Г. _____	98,	Станичный С.В. _____	129,	Шнюков Е.Ф. _____	16
_____	111, 240, 257	_____	130, 131, 157	Шокуров М.В. _____	155
Морозов А.Н. _____	42	Станкинавичус Г. _____	135	Шувалов Б.В. _____	65
Мотыжев С.В. _____	40	Стельмах Л.В. _____	105, 108	Шульга Т.Я. _____	199
Никифоров Ю.И. _____	205	Степанова О.А. _____	245	Шундель А.И. _____	25
Овсянный Е.И. _____	63,	Субботин А.А. _____	221	Шутов С.А. _____	42
_____	87, 236	Суслин В.В. _____	155, 264, 265	Щуров С.В. _____	210
Орехова Н.А. _____	61, 111	Тимченко И.Е. _____	205	Щурова Е.С. _____	87, 148
Осадчая Т.С. _____	114	Тихонова Е.А. _____	119	Ясакова О.Н. _____	131
Островский А.Г. _____	129	Токарев Ю.Н. _____	170	Dzhuly A. _____	264, 265
Павленко Е.А. _____	161	Толокнов Ю.Н. _____	133	Kornyuchuk Y. _____	110
Пасынков А.А. _____	24	Толстошеев А.П. _____	40	Kryvenko O. _____	264
Пасынков М.А. _____	57	Троценко О.А. _____	221	Manjos L. _____	264
Пенно М.В. _____	200	Трусевич В.В. _____	55	Mazlumyan S. _____	207
Пиотух В.Б. _____	129	Удовик В.Ф. _____	248	Moncheva S. _____	264, 265
Погребной А.Е. _____	164	Украинский В.В. _____	203	Newton A. _____	264, 265
Подымов И.С. _____	27, 29, 32	Федоров С.В. _____	157	Özer A. _____	110
Подымов О.И. _____	129	Федосеенков С.Г. _____	25	Öztürk T. _____	110
Подымова Т.М. _____	27, 29, 32	Филиппов Ю.Г. _____	96	Slabakova V. _____	265
Позаченюк Е.А. _____	200	Финенко Г.А. _____	251	Yurakhno V. _____	110
Полонский А.Б. _____	20,				
_____	133, 135				
Попов М.А. _____	163, 241				

Тезисы докладов Международной научной конференции «Современное состояние и перспективы наращивания морского ресурсного потенциала юга России»

На русском языке

Технический редактор Т.В. Хмара

Подписано к печати 29.08.2014 г.
Формат $60 \times 84^{1/16}$. Бумага офсетная
Заказ № _____. Тираж 120 экз.

Напечатано НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика»
99011, г. Севастополь, ул. Ленина, 28.
Свидетельство о государственной регистрации: Серия ДК № 14 от 16.02.02 г.