

На правах рукописи

Темных Александра Владимировна

**ВИДОВАЯ И ХОРОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МЕЗОПЛАНКТОНА  
СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЧЁРНОГО МОРЯ**

03.02.10 – гидробиология

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Севастополь – 2018

Работа выполнена в Отделе биофизической экологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН»

**Научный руководитель**      **Загородняя Юлия Анатольевна,**  
кандидат биологических наук

**Официальные оппоненты:**    **Волков Анатолий Федорович,**  
доктор биологических наук, старший научный сотрудник,  
ведущий научный сотрудник Лаборатории мониторинга  
кормовой базы и питания рыб Федерального государственного  
бюджетного научного учреждения «Тихоокеанский  
научно-исследовательский рыбохозяйственный центр»

**Омельяненко Виктория Анатольевна,**  
кандидат биологических наук, научный сотрудник  
Лаборатории эмбриологии Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки «Национальный научный  
центр морской биологии» Дальневосточного отделения  
Российской академии наук

**Ведущая организация**      Федеральное государственное бюджетное учреждение  
науки Мурманский морской биологический институт  
Кольского научного центра Российской академии наук

Защита состоится 16 ноября 2018 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 005.008.02 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Национальный научный центр морской биологии» Дальневосточного отделения Российской академии наук по адресу: 690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17, факс (423)2310900.  
Электронный адрес: [inmarbio@mail.primorye.ru](mailto:inmarbio@mail.primorye.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Национальный научный центр морской биологии» Дальневосточного отделения Российской академии наук:

<http://www.wimb.dvo.ru/misc/dissertations/index.php/sovets-d-005-008-02/42-temnykh-aleksandra-vladimirovna>

Автореферат разослан «\_\_» октября 2018 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
кандидат биологических наук



Е.Е. Костина

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Понимание причин и тенденций изменений, происходящих в пелагиали Чёрного моря, является одной из актуальных задач современной гидробиологии и океанологии. Её решение требует обновления наших представлений о состоянии планктонных сообществ, их изменениях под влиянием гидрологических и гидрохимических полей. Чёрное море относится к водоемам бореальной области с высокой амплитудой сезонных колебаний температуры воды, которая является одним из основных факторов, влияющих на распределение мезопланктона. Мезопланктон играет ключевую роль в пелагической пищевой сети, связывая первичных производителей с высшими трофическими уровнями, поэтому состояние сообщества мезопланктона является важным показателем состояния окружающей среды. В последние десятилетия в Азово-Черноморском бассейне отмечается активное проникновение и натурализация новых видов. При этом распределение видов-вселенцев в открытых районах моря остается мало изученным, как и происходящие под их влиянием изменения структуры планктонных сообществ.

Первоочередной задачей нашего исследования было уточнить современный таксономический состав основных представителей мезопланктона северной части Чёрного моря, изучить особенности пространственного распределения отдельных видов, включая виды-вселенцы, в открытых и прибрежных районах моря, особенности сезонной динамики зоопланктона и её изменения под влиянием новых видов.

**Выбор объекта и предмета исследования.** Объектом исследований является мезопланктон северной части Чёрного моря, особое внимание уделено массовому виду-вселенцу *Oithona davisae* (Cyclopoida). Предмет исследования – пространственно-временная изменчивость видового состава и количественных показателей мезопланктона северной части Чёрного моря.

**Цель исследования.** Основная цель диссертационной работы – выявление на разных масштабах особенностей пространственной и временной изменчивости таксономических и количественных характеристик мезопланктонного сообщества Чёрного моря и их связь с абиотическими факторами среды.

### Постановка задач.

1. уточнение видового состава мезопланктона Чёрного моря, таксономическое определение нового для Чёрного моря вида (Cyclopoidae, *Oithona*), который в настоящее время является массовой формой в планктоне;
2. изучение суточной изменчивости вертикального распределения массовых видов мезопланктона в открытом море и побережье;
3. выявление межгодовой изменчивости сезонной динамики мезопланктона в прибрежной акватории Крыма;
4. описание пространственной изменчивости распределения массовых представителей черноморского мезопланктона;
5. оценка влияния абиотических факторов на распределение мезопланктонного сообщества;
6. разработка нового прибора и методики сбора мезопланктона в градиентных зонах для исследования мелкомасштабной изменчивости качественного и количественного состава мезопланктона.

### Методологические основы исследования.

Пробы мезопланктона были собраны с использованием разных орудий лова: а) планктонными сетями Джели, которые традиционно используются при морских исследованиях на основе стандартных методов планктонологии и б) новым пробосборником, разработанным в ходе настоящего исследования автором совместно с к.б.н. В. В. Мельниковым.

### Основные положения, выносимые на защиту:

1. Новый для Чёрного моря вид пелагических циклопид, ставший массовым компонентом планктона, определен как *Oithona davisae* Ferrari и Орси, 1984 (Cyclopoida: Copepoda). Показано, что ареал обитания *Oithona davisae* существенно расширился и распространился на Черноморо-Азовский регион. Подробно изучена биология вселенца в новом регионе, показано, что он достигает высокой численности и активно размножается не только в прибрежье, но и в открытых водах Чёрного моря. Средние размеры самок и самцов *O. davisae* уменьшаются с удалением от берега. Максимальная длина половозрелых особей отмечена в северо-западной части Черного моря (СЗЧ), минимальная – в юго-восточной части. Обнаружены суточные изменения в вертикальном распределении *O. davisae* в Чёрном море, которое характеризуется максимальным обилием рачков в верхнем 0–10 м слое в вечерние, ночные и утренние часы; днём рачки опускаются в нижележащий слой 10–25 м. По вертикали вид *O. davisae* разобщён с другим аборигенным представителем рода *Oithona* – *O. similis*.
2. Выявлены узкие вертикальные слои скопления зоопланктона, приуроченные к градиентам гидрофизических параметров, ниже и выше которых концентрация планктонов уменьшалась на 1 – 3 порядка. Разработанный автором пробосборник, (кассетный планктонометр Мельникова – Темных, Патент RU 2541453 C1, 2015) позволяет исследовать тонкую структуру пространственного и вертикального распределения зоопланктона в открытом море и, что особенно важно, в прибрежных акваториях над небольшими глубинами, где полученные с помощью нового пробосборника данные более репрезентативны по сравнению с сетью Джеди.
3. В сезонной динамике мезопланктона в прибрежной акватории Чёрного моря у юго-западного побережья Крыма в 2002 – 2004 и 2009 – 2011 гг. выявлено два – три пика обилия зоопланктона. В эти годы сезонный максимум обилия каждого вида кладоцер наблюдался, по сравнению с 1960-ми годами, на месяц позднее. Амплитуда сезонных колебаний обилия зоопланктона на протяжении 2000-х годов уменьшилась по сравнению с 1990-ми годами. Различия между полузакрытой бухтой и открытыми водами в сезонной динамике мезопланктона проявилось в большей сезонной изменчивости количественных характеристик в бухте. Уровень изменчивости количественных показателей резко возрастает в период сезонной перестройки планктонного сообщества. В 2009 – 2011 гг., по сравнению с 1990-ми годами, наблюдалось восстановление численности популяций многих видов зоопланктона, что, при уменьшении амплитуды сезонных колебаний обилия планктона, свидетельствует о наступающей стабилизации состояния черноморского зоопланктона.
4. Пространственное распределение мезопланктона в Чёрном море крайне неравномерно, максимумы численности приурочены к прибрежным районам и бухтам. Высокая численность мезопланктона, зарегистрированная в 2011 г., свидетельствует об улучшении экологического состояния Каркинитского залива и акватории у Керчи. Показано, что на пространственное распределение мезопланктона влияет совокупность как абсолютных величин гидрохимических и гидрофизических характеристик, так и их вертикальных градиентов.

### Научная новизна.

- дано корректное таксономическое название и описание нового для Чёрного моря вида Cyclopoida. Уточнён современный видовой состав черноморского мезопланктона. Впервые для Чёрного моря исследованы особенности пространственного распределения нового вида в связи с гидрологическими и гидрофизическими факторами среды;
- разработан новый прибор для исследования мелкомасштабной структуры пространственного и вертикального распределения мезопланктона (получены Патенты РФ и Украины). Его основные достоинства:

- минимальные затраты времени на сбор проб.
- возможность исследовать тонкую структуру распределения планктона;
- уточнены особенности вертикального распределения массовых представителей мезопланктона и видов-вселенцев в прибрежье и в глубоководной зоне и показана связь распределения с вертикальной структурой водных масс;
- исследованы сезонная и межгодовая изменчивость мезопланктона в прибрежных акваториях Севастополя; описаны количественные характеристики этой изменчивости;
- исследована пространственная структурированность мезопланктона Чёрного моря в связи с гидрофизическими и гидрохимическими факторами.

#### **Теоретическая и практическая значимость.**

Результаты исследования могут быть использованы при:

- оценке влияния гидрологических и метеорологических процессов на структуру и функционирование планктонных сообществ;
- планировании экологического мониторинга и разработке принципов рационального природопользования и охраны природных ресурсов Чёрного моря;
- оценке роли массовых видов и вселенцев в формировании структуры экосистем;
- разработке новых методов анализа изменчивости мезопланктона Чёрного моря в зависимости от вариации гидрометеорологических характеристик среды.

**Личный вклад соискателя.** Автором самостоятельно выбрана методология исследований, собраны и обработаны пробы зоопланктона, сделаны расчеты и проведен анализ полученных результатов, подготовка и апробация выводов.

В работах, опубликованных с соавторами, личный вклад соискателя заключался в следующем: в работах (2, 4, 11, 12, 15, 17 – 20, 23 – 25, 27, 29, 31, 34 – 40) автором выполнен сбор данных, лабораторная (таксономическая и количественная) обработка проб планктона, анализ материалов, подготовка данных и текста к публикации; в работах (5 – 7, 16, 33) автором выполнена разработка устройства и методики работы с ним, подготовка научных данных к публикации; в работах (1, 8, 10, 13, 14) автор принял участие в постановке задачи, сборе проб и анализе данных, подготовке текста к публикации; в работах (3, 9, 21, 22, 26, 28, 30, 32) автор выполнил разработку направлений и методов анализа, постановку задачи, расчет и анализ научных материалов, подготовку к публикации.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Материалом диссертации являются данные, полученные автором лично по стандартным методикам традиционными орудиями лова, а также с применением нового, запатентованного автором, прибора. Выводы диссертации отвечают поставленным целям и задачам. Результаты исследований представлены на международных симпозиумах в Японии, Португалии, Чили, Испании, Франции, Германии, Корее, Бразилии, Болгарии [A/PR – Plankton Symposium (Бразилия, Джоао Пессоа, 2007); 42nd EMBS (Kiel, Germany, 2007); 4th Int. Symp. «Human and Climate Forcing of Zooplankton Populations» (Hiroshima, Japan, 2007); 43<sup>rd</sup> Int. Symp. «Climate Change impacts on South-European coastal ecosystems» (Lisbon, Portugal, 2008); Int. Symp. «Effects of Climate Change on the World's Oceans» (Gijon, Spain, 2008); 5<sup>th</sup> World Fisheries Congress (Yokogama, Japan, 2008); 2nd Biannual and Black Sea Scene EC Project Joint Conf «Climate change in the Black Sea – Hypothesis Observations, Trends scenarios and mitigation strategy for the ecosystem» (Sofia, Bulgaria, 2008); ICES annual science conference (Berlin, Germany, 2009); ASLO Aquatic Sciences Meeting (Nice, France, 2009); Int. Symp. «Climate change effects on fish and fisheries: Forecasting impacts, assessing ecosystem responses and evaluating management strategies» (Sendai, Japan, 2010); 5-th Int. Symp. «Population Connections, Community Dynamics, and Climate Variability» (Pucon, Chile, 2011); 2-nd Intern. Symp. «Effects of Climate Change on the World's Oceans» (Yeosu, Korea, 2012); 3rd Int. Symp. «Effects of Climate

Change on the World's Oceans» (Santos, Brazil, 2015)] и российских научных конференциях, в том числе, межд. конф. «Современные технологии мониторинга и освоение природных ресурсов южных морей России» (Россия, Ростов-на-Дону, 2005 г.); "Водные экосистемы, организмы, инновации-7" (Россия, Москва, 2005 г.); «Проблемы биологической океанографии XXI века» (Севастополь, 2006); «Современные проблемы рационального природопользования в прибрежных морских акваториях Украины» (Севастополь, 2007); 11-ой межд. научно-технической конф. МСОИ (Москва, 2009); 7-ой межд. научно-практич. конф. «Pontus Euxinus-2011» (Севастополь, 2011); 8-ой межд. научно-практич. конф. «Pontus Euxinus – 2013» (Севастополь, 2013); Научно-практич. мол. конф. «Экологические проблемы Азово-Черноморского региона и комплексное управление прибрежной зоной» (Севастополь, 2014); II научно-практич. мол. конф. «Экобиологические проблемы Азово-Черноморского региона и комплексное управление биологическими ресурсами» (Севастополь, 2015); Научных чтений «Биоразнообразие и продуктивность водных экосистем» (Россия, Севастополь, 2015); Научн. конф. «Комплексные исследования морей России: оперативная океанография и экспедиционные исследования» (Севастополь, 2016).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 40 работ, включая 4 статьи в рецензируемых российских и международных изданиях списка ВАК, получено 3 патента на изобретения.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов и библиографического списка. Текст изложен на 133 стр., рисунков – 54, таблиц – 14. Список литературы содержит 299 наименований, в том числе 133 на иностранных языках.

**Благодарность.** Автор выражает большую признательность научному руководителю к.б.н. Ю. А. Загородней, руководителю отдела биофизической экологии д.б.н. Ю. Н. Токареву, сотрудникам отдела планктона и отдела биофизической экологии, а также другим сотрудникам ИМБИ РАН, оказавшим автору неоценимую помощь в ходе выполнения настоящей работы.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Введение**

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цель и основные задачи исследования, указаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

### **Глава 1. Зоопланктон Чёрного моря – исследования, динамика, современное состояние**

Приведена история исследования зоопланктона Чёрного моря, кратко приводятся данные о применяемых орудиях лова и направлениях исследований в разные годы. Во второй части на основании литературных и собственных данных описываются изменения в сообществе мезопланктона, произошедшие в Чёрном море за последние 50 лет, в связи с межгодовой изменчивостью метеорологических и гидрологических факторов.

Как видно из ретроспективного анализа литературных и собственных данных, сокращение обилия и таксономического разнообразия мезопланктона в последние десятилетия в Чёрном море вызвано совокупностью причин. Оптимальный режим для развития мезопланктона в Чёрном море соответствует небольшим среднегодовым и среднемесячным колебаниям основных гидрологических параметров, при хорошем перемешивании поверхностного слоя во время штормов. В этих условиях активно размножаются аборигенные виды мезопланктона, представленные в основном, крупными

эпипланктонными или холодноводными видами, что в итоге приводит к высокой общей биомассе планктона (как видно на примере благополучных 1960-х гг.). Повышение летней температуры воды после 1988 г. и уменьшение амплитуды колебаний зимней температуры поверхности воды, вероятно, обеспечило благоприятные условия для интродукции и натурализации в Чёрном море тепловодных вселенцев (Temnykh et al., 2007a, Temnykh et al., 2010). Среди тепловодных вселенцев оказались хищники, влияние которых на кормовую базу рыб оказалось катастрофическим и привело к снижению общей биомассы мезопланктона, и, как результат, к снижению запаса промысловых рыб в Чёрном море.

## Глава 2. Материал и методика

Материалом для исследования послужили пробы мезопланктона, собранные в 2002 – 2011 гг. в прибрежной акватории у Севастополя и в открытом море в рейсах НИС «Профессор Водяницкий» в 2010 – 2011 гг. Пробы были собраны двумя орудиями лова – сетью Джели по стандартной методике и новым пробосборником – Кассетный Планктонометр Мельникова – Темных (КПМТ). При анализе материалов использовали данные 399 проб, из которых 254 пробы собраны и обработаны автором. В процессе анализа были использованы статистические модули программных пакетов Excel, Statistica 6.0 и PRIMER 5.2.

## Глава 3. Таксономическая принадлежность нового для Чёрного моря вида копепод рода *Oithona* (Cyclopoida)

Автором проведена корректная таксономическая идентификация нового для Чёрного моря вида, изначально определенного как *O. brevicornis* Giesbrecht 1891, показано, что новый вид является *Oithona davisae* Ferrari and Orsi, 1984, дана краткая история его появления и распространения в Чёрном море. Впервые в глубоководной части Чёрного моря была зарегистрирована высокая численность *O. davisae* ( $> 9000$  экз.  $m^{-3}$ ), до этого вид считался сугубо неритическим.

В главе приведено описание основных морфологических признаков особей рода *Oithona*, обнаруженных в Чёрном море (рисунок 1): передний край просомы округлый при взгляде сбоку и переходит снизу в остроконечный рострум (рисунок 1Н); на эндоподите мандибулы расположены 4 щетинки (рисунок 1В, стрелки, рисунок 1П), наружный шип на первом внутреннем членике максиллулы примерно в 2,5 раза длиннее следующего шипа (рисунок 1J, стрелки); на эндоподите максиллулы находится только одна щетинка (рисунок 1J, наконечник); нет щетинок на втором внутреннем членике и втором базальном сегменте максиллулы (рисунок 1J, точки и толстые стрелки); 1 – 3 сегменты экзоподита на 1 – 4 ногах имеют формулу боковых шипов 1, 1, 3; 1, 1, 3; 1, 1, 3; 1, 1, 2; нет строчек волосков на дорсолатеральной поверхности полового двойного и/или на следующем сегменте.

Было проведено сравнение морфологических признаков экземпляров из Чёрного моря с близкими представителями рода *Oithona*, для которых дано детальное описание в других районах Мирового океана, а именно *O. brevicornis*, *O. wellershausi* Ferrari, 1981, *O. aruensis* Früchtl, 1923 и *O. davisae* Ferrari and Orsi, 1984. *O. brevicornis* отличается от близких видов тем, что наружный шип на первом внутреннем членике максиллулы значительно короче следующего шипа и рядами тонких волосков, находящихся на задней дорсолатеральной поверхности сдвоенного полового и следующего за ним сегментов (такие ряды волосков отсутствуют у других видов). У *O. brevicornis* присутствует щетинка на второй внутренней лопасти максиллулы, в то время как она отсутствует у *Oithona davisae*.

Проведённое детальное исследование морфологических характеристик нового вида рода *Oithona* показало, что недавно обнаруженная в Чёрном море *O. brevicornis* на самом деле является *O. davisae*. Показано, что длина особей из Севастопольской бухты больше, чем у экземпляров из открытой части моря, различий в других деталях отмечено не было.

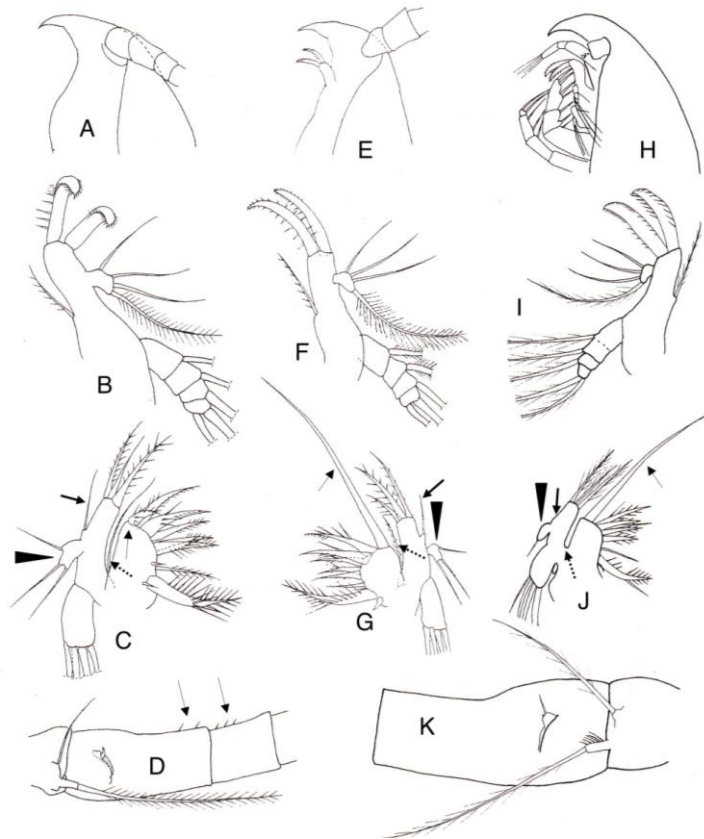


Рисунок 1. Сравнение трёх близких видов рода *Oithona*: *O. brevicornis* (A-D), *O. aruensis* (E-G), и *O. davisae* (H-K). A, E, H: рostrum. B, F, I: мандибула. C, G, J: максиллула; отмечен наружный шип (тонкая стрелка) первой внутренней лопасти, эндоподит (остриё стрелы), щетинка на второй внутренней лопасти (пунктирная стрелка; отсутствует на J) и щетинка на втором базальном сегменте (толстая стрелка; отсутствует на J). D: генитальный двойной сегмент и следующий сегмент, вид сбоку; указаны полосы волосков (стрелки) у *O. brevicornis*. K: генитальный двойной сегмент, вид сбоку. Nishida (1985: A-D), Nishida and Ferrari (1983: E-G) и Ferrari and Orsi (1984: H-K).

Предложено несколько гипотез интродукции *O. davisae* в Чёрное море: (1) прямое внесение в регион с балластными водами судов, приходящих из Восточной Азии; (2) вторичная интродукция средиземноморских популяций, которая могла идти двумя путями: через систему турецких проливов либо с балластными водами судов.

#### Глава 4. Особенности вертикального распределения мезопланктона в прибрежной и глубоководной части Чёрного моря

В главе дано описание особенностей суточной динамики вертикальной структуры мезопланктона в разных районах Чёрного моря: на взморье у Севастополя и в глубоководной акватории Чёрного моря по материалам, собранным новым орудием лова – кассетным планктонометром Мельникова-Темных и традиционной сетью Джеди.

#### Исследования вертикальной структуры мезопланктона и её суточной динамики в прибрежных водах Крыма по новой и традиционной методологии

В прибрежье у Севастополя по данным ловов сети Джеди численность как всего мезопланктона, так и его массовых представителей, в частности копепод, составлявших 96 % общей численности, была максимальной в дневные и ночные часы в верхнем десятиметровом слое, с глубиной она снижалась. Вертикальный профиль численности мезопланктона



по материалам, собранным кассетным планктонометром, имел два пика обилия: максимальный на глубине 5 м (ниже наблюдалось уменьшение численности почти в 20 раз) и второй в слое 25 – 40 м с увеличением концентрации на горизонте 30 м. Таким образом, сопоставление результатов исследования вертикального распределения мезопланктона двумя методами ловов позволило выявить высокую концентрацию планктонов в узких слоях: на горизонтах 5 и 30 м, тогда как сбор проб сетью Джеди их не обнаружил, т.к. осреднил величины по слоям с высокой и низкой численностью.

Корреляционный анализ выявил связь между численностью мезопланктона, а также копепод, и величиной вертикальных градиентов температуры и солёности. Таким образом, численность мезопланктона зависела не от абсолютных величин параметров среды, а от величины градиента их изменений. Показана высокая степень обратной связи численности как всего мезопланктона (-0.75), так и отдельно копепод (-0.74), от градиентов солёности в дневное время. Ночью коэффициенты корреляции были ниже, соответственно для мезопланктона -0.63 и для копепод -0.64. Корреляционная зависимость между численностью мезопланктона, а также копепод, и вертикальными градиентами температуры в дневное время была существенно ниже, ночью она отсутствовала (коэффициент корреляции 0.03). Градиенты солёности и температуры не являлись препятствием для вертикальных перемещений копепод при суточных миграциях.

Применение одновременно двух типов орудий лова подтвердило, что слои концентрации мезопланктона и его основных представителей совпадают со слоями максимальных градиентов температуры и солёности.

### **Вертикальная структура мезопланктона и её суточная динамика в глубоководной части Чёрного моря**

В ноябре 2010 г. исследовали вертикальное распределение и суточную динамику как всего мезопланктона, так и возрастных стадий массовых видов копепод (аборигенные виды и виды-вселенцы) в глубоководной части Чёрного моря (глубина более 1700 м) по данным сети Джеди.

Вертикальное распределение численности мезопланктона в вечернее, ночное и утреннее время характеризовалось максимальными величинами в верхнем десятиметровом слое, с глубиной она уменьшалась. По численности доминировала циклопоида *O. davisae*, субдоминантным видом была каляноида *Paracalanus parvus*.

Ход кривых численности и биомассы мезопланктона несколько различался. Максимальные величины биомассы в полдень и вечером регистрировали в слое термоклина 45 – 65 м ( $163 - 173 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ ), ночью в слое 25 – 45 м ( $243 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ ), утром наблюдалось два пика биомассы в слоях 0 – 10 и 45 – 65 м с максимумом в нижнем слое ( $287 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ ).

Вертикальное распределение массовых видов копепод. Профили вертикального распределения численности *Acartia clausi* с вечера до утра были сходными – с максимумом в слое 0–10 м ( $625 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-3}$ ). Численность рачков снижалась с глубиной и ниже 65 м они не опускались. Днём максимумы обилия регистрировали в слое 25–45 м ( $422 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-3}$ ). Численность *P. parvus* с вечера до утра была максимальной в верхнем десятиметровом слое, где достигала  $4675 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-3}$ , с глубиной она резко уменьшалась. В полдень основная часть популяции *P. parvus* (более 3.5 тыс. экз.  $\cdot \text{м}^{-3}$ ) концентрировалась в слое 10–25 м. Представитель батипланктонного комплекса – *Calanus euxinus* в основном находился ниже 65 м, в тёмное время суток часть его популяции поднималась в слой 10–65 м. Распределение другого батипланктонного вида – *Pseudocalanus elongatus* несколько отличалось. Основная часть его популяции вечером и ночью находилась над термоклином в слое 25–45 м. В светлое время суток *P. elongatus* выше 45 м не встречался, днём максимум их обилия вида приходился на глубины ниже 65 м.

Впервые высокая численность вселенца циклопоиды *O. davisae* (Temnykh, Nishida, 2012) была обнаружена в открытом море, где в среднем она достигала  $9106 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-3}$ . Изуче-

ны особенности вертикального распределения *O. davisae* в открытых районах Чёрного моря. Утром и днём вся популяция находилась в верхнем слое, до горизонта 45 м. В тёмное время суток небольшая часть рачков опустилась в слой 45–65 м, глубже рачки отсутствовали. Вечером, ночью и утром максимальная численность *O. davisae* регистрировалась в слое 0–10 м (до 6525 экз.·м<sup>-3</sup>), днём рачки концентрировались ниже, в слое 10–25 м (до 6367 экз.·м<sup>-3</sup>). Вертикальное распределение всех стадий развития *O. davisae*, за исключением самцов, было сходным: вечером, ночью и утром максимальные концентрации рачков регистрировались в слое 0–10 м, в полдень – в слое 10–25 м. Слой 45–65 м оказался нижней границей обитания *O. davisae* в Черном море. Вечером и ночью в этом слое в небольшом количестве можно было обнаружить все стадии развития рачков, кроме самцов.

Аборигенная циклопоида *O. similis*, напротив, встречалась ниже 45 м. Следовательно, диапазон глубин обитания двух близких видов Cyclopoidea различался, на протяжении суток они были разобщены слоем температурного скачка.

Суточные вертикальные перемещения достигали наибольшего размаха у активных мигрантов *P. elongatus* и *Calanus euxinus*, минимальными они были у обитателей верхних слоев моря – *P. parvus* и *O. davisae*. Для вертикального распределения популяции *O. davisae* характерно, что на протяжении суток часть её популяции, находящаяся в нижних слоях 45–65 м, в светлое время суток поднималась выше в слой 25–45 м. Вероятно, это было обусловлено дневным подъемом *O. similis* в слой 45–65 м.

В открытом море по материалам глубоководной станции выявлена высокая степень отрицательной связи численности мезопланктона и копепод с градиентом солёности. Максимальная корреляция отмечена в полдень (-0.93 и -0.89, соответственно), ночью коэффициенты корреляции были ниже. Аналогичная связь между этими показателями была выявлена в прибрежье.

Между распределением зоопланктона и температурой такой закономерности не обнаружено. Коэффициенты корреляции между численностью мезопланктона, а также копепод, и градиентами температуры были невысокими в течение суток.

## **Глава 5. Межгодовая и сезонная изменчивость характеристик мезопланктона на шельфе Чёрного моря**

В главе дано описание сезонной динамики и межгодовой изменчивости таксономической структуры и количественных характеристик мезопланктона на шельфе у берегов Крыма в 2002 – 2004 гг. и 2009 – 2011 гг. Проведен сравнительный анализ сезонной динамики зоопланктона в разные годы и выявлены её изменения, произошедшие в период с 1960 г. по 2011 г.

### **Сезонная и межгодовая динамика количественных характеристик и таксономической структуры мезопланктона в 2002 – 2004 гг.**

Ход сезонной динамики обилия мезопланктона и отдельных видов на протяжении 2002 – 2004 гг. значительно различался (рисунок 2), что, вероятно, связано с различиями термического режима разных лет и сезонов (рисунок 3). В сезонной динамике численности мезопланктона, построенной на основе метода линейной фильтрации по двум точкам, на протяжении года обозначились два пика (рисунок 2, пунктирная линия). По данным реальных измерений количество пиков численности было большим и достигало в отдельные годы трёх – четырёх.

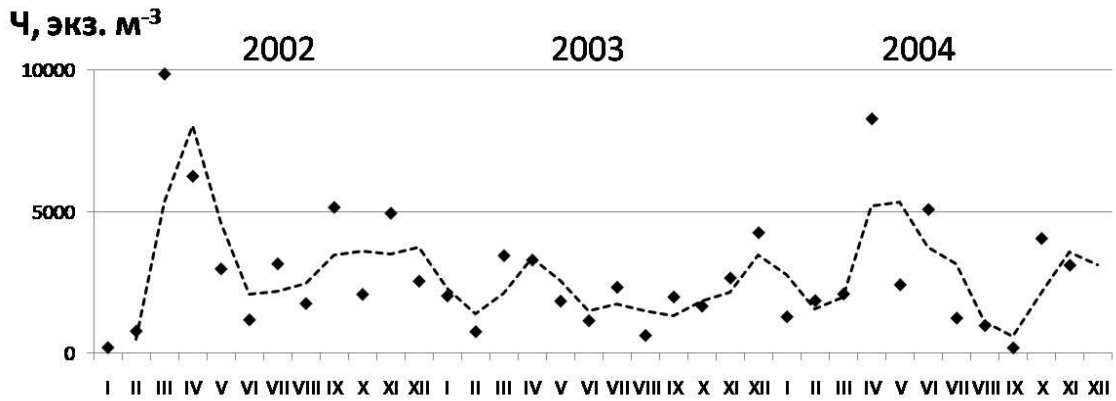


Рисунок. 2. Численность  $\text{Ч}$  ( $\text{экз. м}^{-3}$ ) мезопланктона в открытом прибрежье у Севастополя в 2002 – 2004 гг. (ромбы) и линия тренда, построенная методом линейной фильтрации по двум точкам (пунктирная линия)

Так, в 2002 г. первый пик численности мезопланктона пришелся на март и обеспечивался обилием *A. clausi*, *P. parvus* и коловраток, второй пик зарегистрирован в сентябре, в основном, за счёт массового развития *A. tonsa*, наконец, третий пик выявлен в ноябре, за счёт копепоид *A. clausi* и *P. parvus*.

В 2003 г. колебания численности мезопланктона были менее выражены, максимум обилия (более 4 тыс.  $\text{экз. м}^{-3}$ ) отмечен в декабре за счет науплиусов копепоид. Максимальные величины численности копепоид и кладоцер, которые были достигнуты в 2003 г., оказались ниже, чем в 2002 и 2004 гг. (таблица 1). Анализ количественных показателей популяций отдельных видов показал, что численность *A. tonsa* в сентябре 2003 г. была в 5 раз ниже, чем в том же месяце 2002 года. Весной 2003 г. (март – апрель) доля холодноводных *C. euxinus*, *O. similis* и *P. elongatus* была выше, чем в 2003 и 2004 гг., вероятно за счёт более низкой (на  $1^\circ \text{C}$ ) температуры поверхности воды (ТПВ) по сравнению с величинами, которые наблюдались в эти месяцы в другие годы (рисунок 3). Численность кладоцер в 2003 г. была ниже, чем в 2002 г., возможно, из-за более низкой летней температуры в период их массового развития с июля по сентябрь. Так, в 2003 г. максимум ТПВ был достигнут на месяц позже, чем в 2002 г. (рисунок 3), в августе, и составил  $24.5^\circ \text{C}$ .

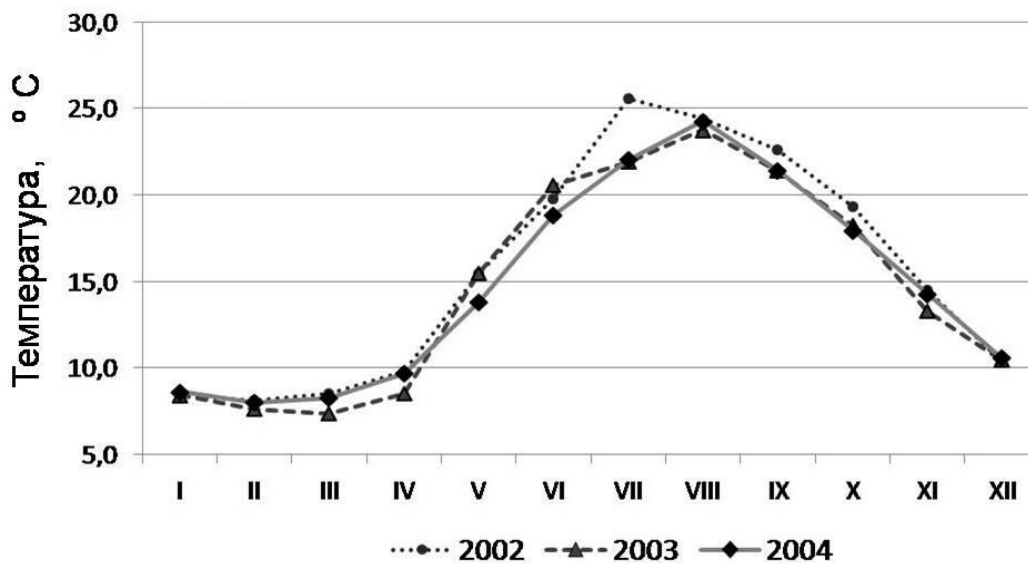


Рисунок 3. Средние величины ТПВ в 2002 – 2004 гг.

В 2004 г. наблюдалось три пика обилия мезопланктона, которые пришлись на апрель, июнь и октябрь. Максимум численности мезопланктона в апреле ( $8277 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$ ) обеспечивался обилием копепод и ноктилюки. В сентябре, в отличие от 2002 – 2003 гг., отмечен минимум численности мезопланктона ( $194 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$ ), что возможно, связано с выеданием планктона пелагическими хищниками, так как существенных различий по температуре не обнаружено (рисунок 3). В октябре численность мезопланктона возросла, в основном за счет копепод, и достигла  $4054 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$ .

Наличие в Чёрном море «биологических сезонов» с различающимися вертикальными температурными профилями обусловило существование в регионе трех экологических комплексов: тепловодные виды (куда входят копеподы *A. tonsa*, *Centropages ponticus* и кладоцеры *Pleopis polyphemoides*, *Penilia avirostris*, *Evadne spinifera*, *Pseudevadne tergestina*), холодноводные (*C. euxinus*, *O. similis* и *P. elongatus*), эвритермные виды (*A. clausi*, *P. parvus*). Вклад разных экологических комплексов в суммарную численность мезопланктона в 2002 – 2004 гг. различался (Темных и др., 2006; 2008). Так, в 2002 г. из-за существенного прогрева верхнего слоя моря летом (ТПВ достигла максимума  $26.9^\circ\text{C}$  в июле, среднемесячная за этот месяц составила  $25.6^\circ\text{C}$ , рисунок 3) доля тепловодных видов в суммарной численности мезопланктона была выше, чем в 2003 и 2004 гг. (рисунок 4).

В 2003 г., в отличие от предыдущего года, при значительных колебаниях ТПВ (в отдельные месяцы температура за месяц изменялась почти на  $8^\circ\text{C}$ ), средняя за год величина ТПВ была ниже. В результате интенсивного выхолаживания вод вклад холодноводных видов был выше (20 % общей численности мезопланктона, рисунок 4). Процент эвритермных видов увеличился, существенно сократилась доля тепловодных видов (рисунок 4).

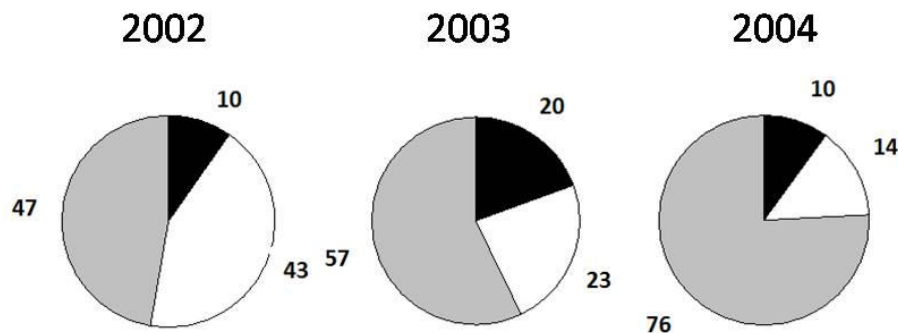


Рисунок 4. Соотношение разных экологических комплексов: эвритермный (серым), тепловодный (белым) и холодноводный (черным) в общей численности мезопланктона в 2002-2004 гг. в процентах.

В 2004 г. доля эвритермных видов в суммарной численности мезопланктона выросла до 76 %, при снижении вклада как тепловодных, так и холодноводных видов (рисунок 4). Снижение доли холодноводных планктёров в среднегодовой численности за этот год, вероятно, связано с отсутствием данных за декабрь, так как температурный режим был схожим с 2003 г.: позже, чем в 2002 г., наступивший максимум ТПВ, величина которого в августе достигала  $25.0^\circ\text{C}$  (почти на  $2^\circ\text{C}$  ниже, чем в 2002 г.).

В 2002 – 2004 гг. в открытом прибрежье Севастополя, не смотря на сходные среднегодовые величины численности мезопланктона (таблица 1), амплитуды годовых колебаний численности значительно различались. В 2002 г. амплитуда достигала 48, в 2003 г. снизилась до 7 и в 2004 г. вновь возросла до 43 (таблица 1). Для сравнения, при относительно благополучном состоянии черноморской экосистемы в 1960-е годы амплитуда колебаний численности мезопланктона на шельфе в разные годы не превышала 10 раз (Грезе и др., 1971). Вблизи исследуемого района в Севастопольской бухте этот показатель вырос с 4-х в 1976 г. до 244 раз в начале 1990-х годов. В 2000-е годы размах колебаний численности мезопланктона снизился до 14 в 2002 г. (Губанова, 2003).

Таблица 1

Среднегодовые и максимальные величины численности ( $Ч$ , экз. $\cdot$ м $^{-3}$ ) мезопланктона и некоторых таксономических групп в открытом прибрежье у Севастополя в 2002 – 2004 гг. Размах сезонных колебаний численности ( $A$ )

Таксоны	Годы								
	2002			2003			2004		
	макс	ср	A	макс	ср	A	макс	ср	A
копеподы	4620	1950	23	4255	1891	15	6278	2215	65
клароцеры	1143	311		656	127		1298	234	
мезопланктон	9858	3409	48	4258	2172	7	8277	2783	43

Таким образом, уменьшение амплитуды сезонных колебаний обилия зоопланктона и увеличение численности всех экологических комплексов в 2002 – 2004 гг., по сравнению с 1990-ми гг., может свидетельствовать о стабилизации экосистемы прибрежья у Севастополя.

### Сезонная и межгодовая динамика таксономической структуры мезопланктона в 2009 – 2011 гг.

В 2009 – 2011 гг. таксономический состав зоопланктона в открытом прибрежье Севастополя был представлен обычными для района на протяжении последних лет видами (Темных, 2006; Темных и др., 2008; Темных и др., 2014; Загородняя и др., 2007; Темных, Nishida, 2012).

В открытом прибрежье у Севастополя в исследуемые годы пики численности зоопланктона выявлены весной (март – май, рисунок 5) и осенью (сентябрь). В 2009 г. отмечен дополнительный летний пик в июле.

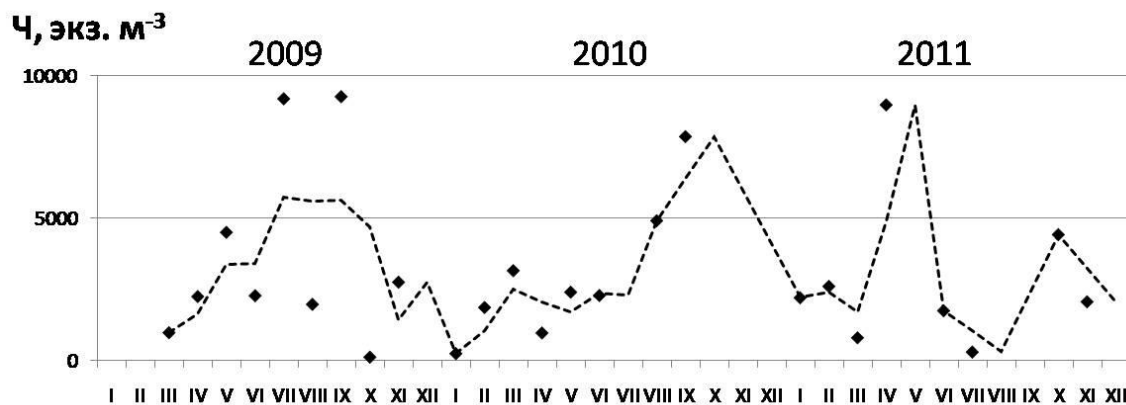


Рисунок 5. Численность (экз. $\cdot$ м $^{-3}$ ) мезопланктона на ст. 1 (ромбы) в 2009 – 2011 гг. и линия тренда (пунктиром), построенная методом линейной фильтрации по двум точкам.

Первый пик численности зоопланктона (4501 экз. $\cdot$ м $^{-3}$ ) в мае 2009 г. (рисунок 5) был обеспечен копеподами. Второй, больший по величине, пик в июле составил 9175 экз. $\cdot$ м $^{-3}$ , при этом основной вклад в суммарную численность мезопланктона вносила динофлагеллята *Noctiluca scintillans*. В мае 2009 г. зарегистрирована максимальная за 2009 – 2011 гг. численность ноктилюки (5125 экз. $\cdot$ м $^{-3}$ ). Третий, больший по величине и максимальный за исследуемые годы, пик численности зоопланктона был зарегистрирован в сентябре 2009 г. Он был обусловлен высокой численностью копепод и клароцер, соответственно, 3952 и 3800 экз. $\cdot$ м $^{-3}$ .

В 2010 г. уровень количественного развития зоопланктона был ниже, чем в 2009 г., небольшое увеличение его численности (рисунок 5) отмечено в марте (3159 экз. $\cdot$ м $^{-3}$ , при

доминировании в планктоне личинок двустворчатых моллюсков), а максимум зарегистрирован в сентябре ( $7852 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$ , при этом доминировали копеподы и ноктилюка). В сентябре 2010 г. зарегистрированы максимумы численности популяций отдельных видов копепод за исследуемые годы. Например, у *A. clausi* этот максимум составил  $2104 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$ , а у *O. davisae* –  $1406 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$ .

В 2011 г. максимум численности зоопланктона ( $8961 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$ , рисунок 5) в апреле обеспечивали копеподы ( $5043 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$ ). Пик численности зоопланктона в октябре ( $4421 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$ ) определяли три массовых вида копепод: *A. clausi*, *P. parvus* и *P. elongates*. Существенный вклад вносила также динофлагеллята *N. scintillans*.

Таким образом, проведенные исследования показали, что на протяжении 2009 – 2011 гг. уменьшение численности зоопланктона летом было не таким катастрофическим, как в конце 1990-х – начале 2000-х (Загородняя и др., 2007; Темных, Силаков, 2014). Это связано с тем, что пресс со стороны потребляющего зоопланктон гребневика-вселенца *Mnemiopsis leydii* снизился в результате хищничества другого, более позднего вселенца – гребневика *Beroe ovata*, который питается исключительно гребневыми. Пребывание *M. leydii* в планктоне стало кратковременным (Аболмасова и др., 2012), а его влияние на сообщество зоопланктона практически нивелировалось. Было установлено, что в сезонной динамике зоопланктона в 2009 – 2011 гг. максимум численности кладоцер сместился на месяц позже по сравнению с 1960-ми годами (Грезе и др., 1971),

В 2009 г. амплитуда сезонных колебаний численности зоопланктона составляла 71, в 2010 и 2011 гг. она уменьшилась, соответственно, до 31 и 29 (таблица 2). Это может быть связано как с общим улучшением состояния черноморского зоопланктона после вселения в регион гребневика *B. ovata*, так и отсутствием в отдельные месяцы данных. Максимумы численности зоопланктона и отдельных его групп, в частности копепод и кладоцер, были существенно выше, чем в этом районе в 2002 – 2004 гг. (см. таблица 1). Несмотря на существенные колебания численности мезопланктона в течение года, её среднегодовые величины в 2009–2011 гг. различались не существенно и были близки с показателями 2002 – 2004 гг. (таблица 2, см. таблица 1). Полученные данные свидетельствуют об определенной стабилизации уровня развития зоопланктона в прибрежье Севастополя после 2000-х годов, что по времени совпало с вселением в регион гребневика *B. ovata*.

Таблица 2

Среднегодовые и максимальные величины численности ( $\text{Ч}$ ,  $\text{экз.}\cdot\text{м}^{-3}$ ) мезопланктона и некоторых таксономических групп в открытом прибрежье у Севастополя в 2002 – 2004 гг. Размах сезонных колебаний ( $A$ )

таксоны	2009			2010			2011		
	макс	ср	A	макс	ср	A	макс	ср	A
копеподы	3952	2019	380	5352	1526	24	5043	1835	28
кладоцеры	3800	501		1230	278		74	21	
мезопланктон	9250	3702	71	7852	2965	31	8961	2893	29

Несмотря на стабилизацию уровня развития зоопланктона в прибрежье Севастополя после 2000-х годов, вклад отдельных видов и экологических комплексов в общую численность планктона в исследуемые годы менялся (Темных и др., 2014).

В 2009 г.ТПВ изменялась от минимальной в январе ( $7.94 \text{ }^\circ\text{C}$ , рисунок 6) до максимальной в июле ( $24.8 \text{ }^\circ\text{C}$ ). В течение года доминировал эвритермный *P. parvus* (его среднегодовая численность достигала  $1044 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$ , численность других видов была существенно ниже), в основном за счёт этого вида доля эвритермных видов составила 57 % общей численности. Вселенец циклопоида *O. davisae* встречалась единично. Среди кладоцер массовой была *P. avirostris* (среднегодовая численность –  $372 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$ ).

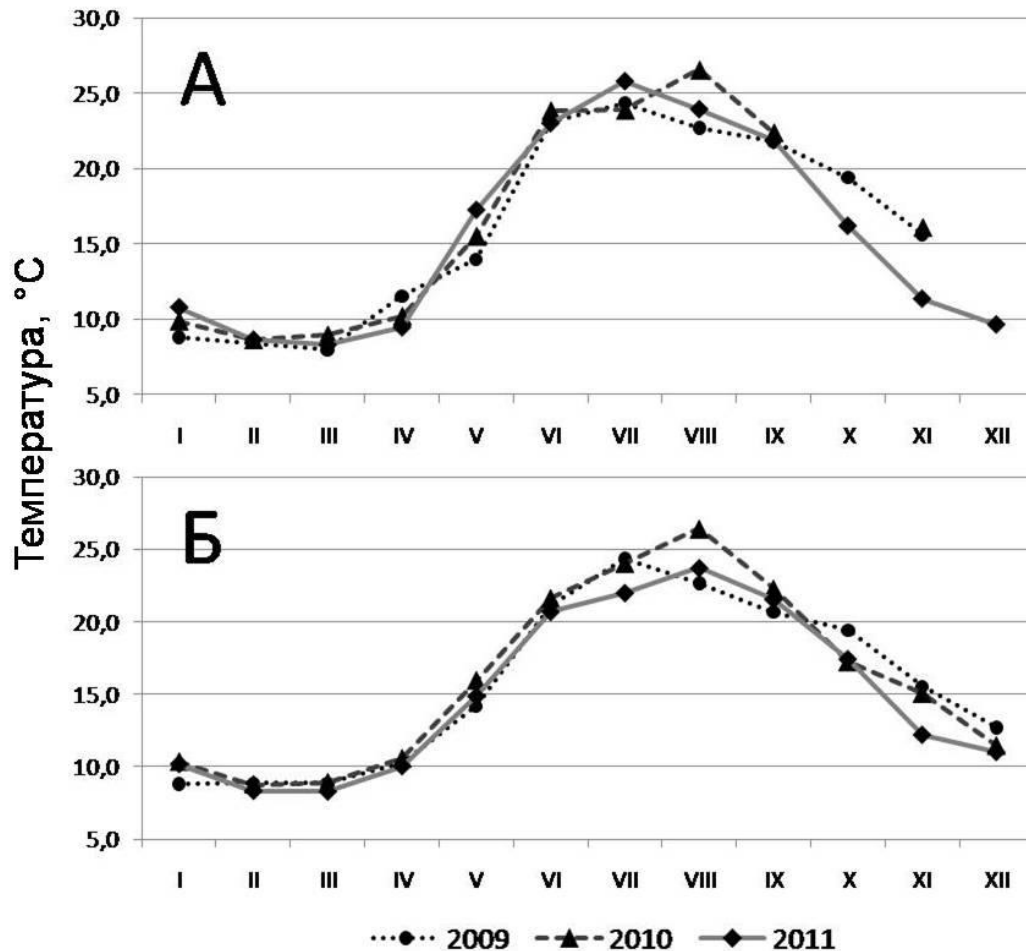


Рисунок 6. А: средние величины ТПВ в 2009 – 2011 гг. по данным «Сальпы-М»; Б: средние величины ТПВ в 2009 – 2011 гг. по данным спутников MODIS и Reynolds (<https://modis.gsfc.nasa.gov/data/>; <https://www.ncdc.noaa.gov/oisst>)

Для температурного режима 2010 г. характерны более высокие летние температуры по сравнению с 2009 и 2011 гг. В середине августа отмечен максимум ТПВ (27.95 °C). Минимальная ТПВ отмечена в конце февраля (7.76 °C). Среднегодовая численность *P. parvus*, *O. similis* и *P. elongatus* снизилась (668, 88 и 50 экз.·м<sup>-3</sup>, соответственно), а *A. clausi* – возросла до 530 экз.·м<sup>-3</sup>, за счёт этого доля эвритермных видов увеличилась (рисунок 3). Численность *O. davisae* возросла по сравнению с 2009 г., её среднегодовая величина составила 177 экз.·м<sup>-3</sup>. Уменьшение доли тепловодных видов в 2010 г. произошло за счёт снижения численности Cladocera.

В 2011 г. по спутниковым данным максимум ТПВ отмечен в августе (24.8 °C), минимум – в феврале (7.4 °C), по данным бортового прибора «Сальпа-М» максимум ТПВ пришелся на июнь (25.8 °C), минимум – на март (8.3 °C). Доминирование в планктоне *P. parvus* сохранилось, его среднегодовая численность составила 588 экз.·м<sup>-3</sup>, субдоминантными видами среди копепод были *P. elongatus* (479 экз.·м<sup>-3</sup>) и *A. clausi* (378 экз.·м<sup>-3</sup>). Численность *O. davisae* увеличилась до 211 экз.·м<sup>-3</sup>, другие представители тепловодного комплекса, кладоцеры и копепода *C. ponticus*, были малочисленными, что отразилось на их вкладе, снизившемся до 13 % (рисунок 7).

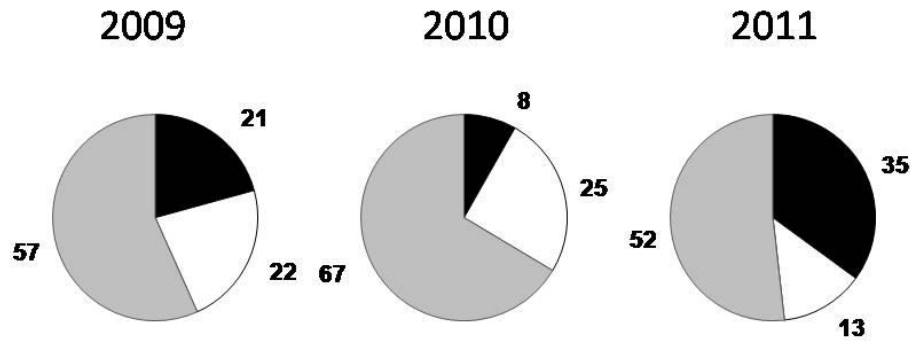


Рисунок 7. Соотношение разных экологических комплексов: эвритермный (серым), тепловодный (белым) и холодноводный (черным) в среднегодовой численности мезопланктона в 2009 – 2011 гг. в процентах

Таким образом, на фоне сокращения среднегодовой численности тепловодных видов с 2009 по 2011 г., *O. davisae* оказался единственным представителем тепловодного комплекса, чья численность увеличилась в 2011 г., по сравнению с двумя предшествующими годами.

### Сравнительный анализ сезонной динамики мезопланктона в разные годы в прибрежных водах Крыма

По сравнению с данными, полученными в этом районе в 1960 – 1969 гг. (Грезе и др., 1971), в начале 2000-х отмечено связанное с негативным влиянием *M. leidy* снижение обилия почти всех представителей мезопланктона (в летний сезон и среднегодовых величин) (Temnykh et al. 2011a, 2011б, Temnykh et al. 2012; Temnykh, Silakov 2015). В 2009 – 2011 гг. ситуация начала стабилизироваться, среднегодовые величины численности основных представителей зоопланктона увеличились, а по отдельным видам достигали уровня 1960-х гг., снижение численности в летний период было менее существенным, после чего обилие быстро восстанавливалось и наблюдались её максимальные величины у многих видов.

## Глава 6. Хронологическая структура мезопланктона Чёрного моря

### Пространственная и сезонная изменчивость параметров мезопланктонного сообщества на Севастопольском взморье

На масштабе сотни метров – несколько километров исследовалось распределение мезопланктона в 2003 г. на пяти станциях: в открытом море у г. Севастополь (ст. 1), на мелководном шельфе (ст. 2), у входа в Севастопольскую бухту (ст. 3), в устье Севастопольской бухты (ст. 4) и её кутовой части (ст. 5). Количественные показатели мезопланктона на взморье у Севастополя уменьшались в направлении из Севастопольской бухты в открытое море (таблица 3).

Таблица 3

Среднегодовая численность (Ч, экз.·м<sup>-3</sup>) мезопланктона и основных таксономических групп на взморье у Севастополя в 2003 г.; Размах сезонных колебаний численности (А)

Таксоны	станции									
	ст. 1		ст. 2		ст. 3		ст. 4		ст. 5	
	Ч	А	Ч	А	Ч	А	Ч	А	Ч	А
мезопланктон	2205	26	2172	7	2434	7	3840	8	6196	25
копеподы	1564	46	1891	15	1946	7	3037	9	4469	38
клагоцеры	271		216		488		775		2266	



Максимальные среднегодовые численность ( $6196 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$ ) и биомасса ( $108.3 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$ ) мезоопланктона наблюдались в бухте (ст. 5).

При синхронности сезонных изменений численности мезоопланктона, выявлены некоторые различия по станциям (рисунок 8): в кутовой части Севастопольской бухты, наряду с большей вариабильностью численности и биомассы, можно выделить три пика обилия мезопланктона, тогда как на других станциях первый, февральский пик, не прослеживался.

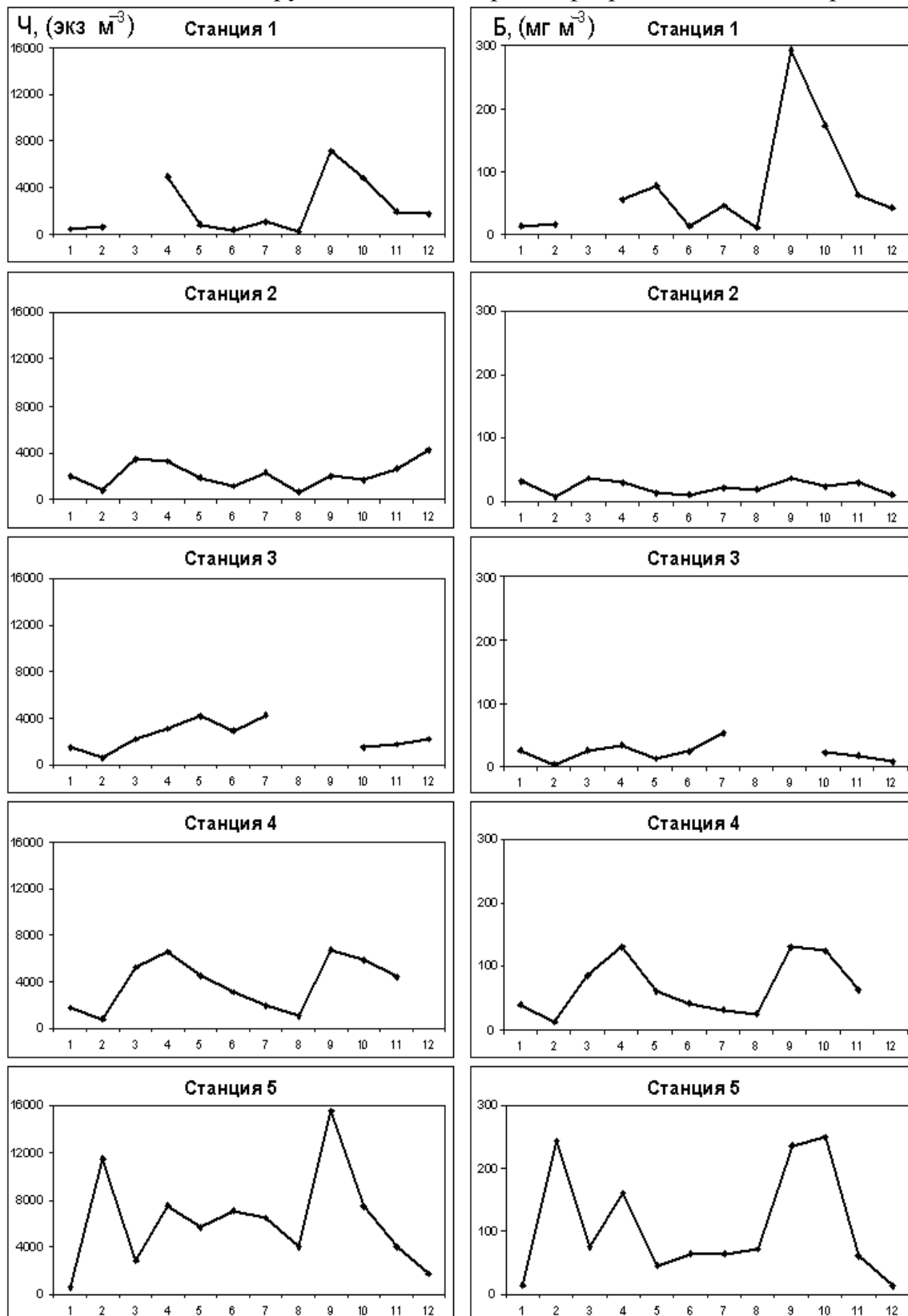


Рисунок 8. Сезонная динамика мезопланктона на станциях взморья у Севастополя в 2003 г.: по численности – слева ( $\text{экз}\cdot\text{м}^{-3}$ ), по биомассе – справа ( $\text{мг}\cdot\text{м}^{-3}$ ), на оси абсцисс – месяцы.

Амплитуда сезонных колебаний численности мезопланктона была наибольшей в бухте (ст. 5) и в двух милях от берега (ст. 1, см. таблица 3).

Среднегодовой индекс видового разнообразия Шеннона был минимальным (1.05) в кутовой части бухты (ст. 5), где наблюдались максимальные величины численности и биомассы мезоопланктона. Максимальной (1.43) его величина была в открытом море на ст. 1, где количественные показатели мезоопланктона были низкими. Индекс доминирования, наоборот, был значительно выше на ст. 5, здесь же отмечены его максимальные сезонные флуктуации.

Увеличение индекса доминирования прослеживалась на всех станциях в феврале, а также в весенне-летний период с апреля по июнь. Менее выражено оно было на ст. 1, где во все сезоны преобладали два вида копепод – *A. clausi* и *P. elongatus*. Таким образом, наиболее сбалансированное состояние планктонного сообщества (максимальное разнообразие таксонов и эквитабельность при минимальном уровне доминирования) было на мористой, более удаленной от бухты станции (ст. 1). В кутовой части Севастопольской бухты на ст. 5 была иная ситуация: почти во все месяцы величина доминирования тут была значительно выше, по сравнению с другими станциями, при этом доминанты менялись по сезонам.

### **Крупномасштабная хорологическая структура мезопланктона в современных условиях**

Распределение мезопланктона на больших пространственных масштабах исследовали в августе 2011 г. Исследования охватывали три района: 1) прибрежную акваторию вдоль южного берега Крыма до Керченского пролива, 2) глубоководный район с западной халистазой, 3) район СЗЧ, включающий Каркинитский залив, взморье дельт рек Днестра и Днепра и станции на свале глубин.

В планктоне доминировала циклопоида *O. davisae* (22% общей численности зоопланктона), субдоминантным видом была *A. clausi* (17%). Существенный вклад вносили личинки двустворчатых моллюсков *Bivalvia* (15%), *N. scintillans* (9%). Меньшее значение имели *P. avirostris* (4%) и *Oikopleura dioica* (4%), на долю других видов приходилось по 1 – 2% общей численности.

Приведено распределение мезопланктона в исследованной акватории. Показано, что высокие величины численности приурочены к прибрежным районам и бухтам, максимум обилия мезопланктона (46 тыс. экз. $\cdot$ м<sup>-3</sup>) наблюдался в Каркинитском заливе. Поскольку *O. davisae* является новым видом для черноморского региона, его распределение в открытых районах моря не изучено, поэтому более подробно остановились на описании его распространения в акватории (рисунок 9 А). Данный вид встречался повсеместно, кроме глубоководной станции в западной халистазе. Массовыми рачки были в мелководной СЗЧ на станциях с глубинами от 10 до 50 м, где их численность составляла 6.0 – 7.7 тыс. экз. $\cdot$ м<sup>-3</sup>. Максимум численности отмечен в Каркинитском заливе (17.5 тыс. экз. $\cdot$ м<sup>-3</sup>). Вдоль южного берега Крыма численность *O. davisae* была низкой и изменялась от десятка до двух сотен экз. $\cdot$ м<sup>-3</sup> (таблица 4).

Два представителя рода *Oithona* разобщены в пространстве. *O. davisae* была массовой в районах, где аборигенная *O. similis* отсутствовала либо была малочисленной (рисунок 9 Б), а *O. similis*, наоборот, многочисленна при низкой численности *O. davisae*. В СЗЧ высокое обилие *O. similis* отмечено на станциях (рисунок 9 Б), на которых ТПВ была на несколько градусов ниже, чем у ЮБК и в глубоководной части моря. Более высокая численность (400 – 750 экз. $\cdot$ м<sup>-3</sup>) наблюдалась на глубоководных станциях при относительно низкой по сравнению с другими районами исследования ТПВ (21 – 22.6°C).

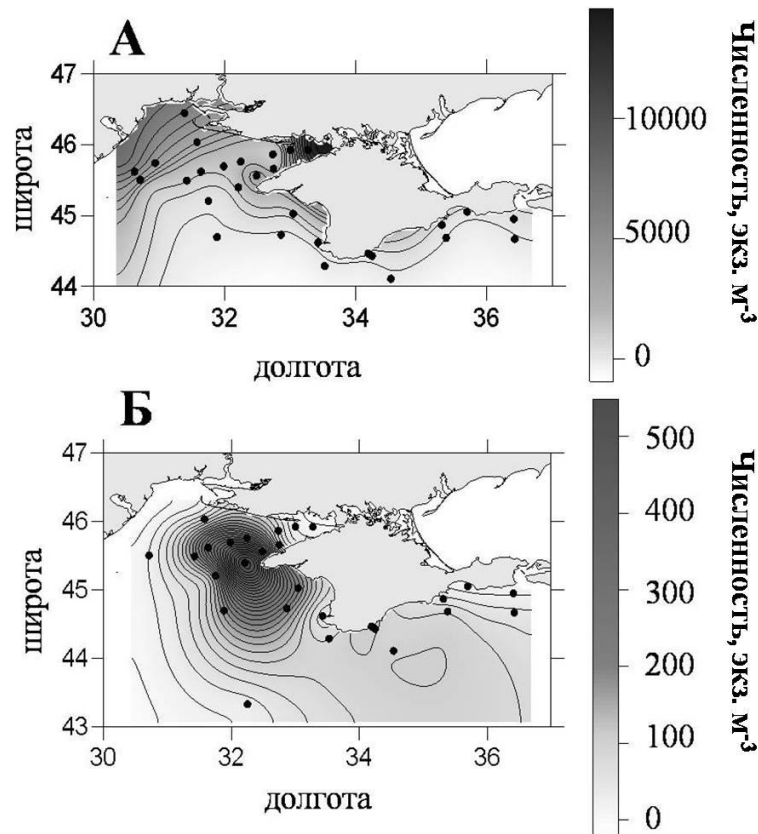


Рисунок 9. Распределение двух видов Cyclopoidea *O. davisae* (А) и *O. similis* (Б) в Чёрном море в августе 2011 г. (по численности, экз.·м<sup>-3</sup>)

В популяции обоих видов преобладали самки (таблица 4). В среднем в районе исследования соотношение самок и самцов у *O. similis* составило 26:1, достигая на некоторых станциях 65:1, у *O. davisae* оно было ниже – 8:1.

Таблица 4

Численность (N, экз.·м<sup>-3</sup>) и её максимумы у двух видов рода *Oithona*, их соотношение в суммарной численности ойтонид (%), соотношение полов в популяциях обоих видов в разных районах моря в 2011 г.

Районы исследований	Ср. численность $\bar{N} \pm SE$		Мах числ.		Соотношен. ойтонид, (%)		Соотношение ♀:♂	
	<i>O. davisae</i>	<i>O. similis</i>	<i>O. davisae</i>	<i>O. similis</i>	<i>O. davisae</i>	<i>O. similis</i>	<i>O. davisae</i>	<i>O. similis</i>
Вдоль ЮБК	35.5±18.2	62.0±19.5	154	166	40	60	10:1	13:1
Глубоководный	0	62.8±37.75	–	101	0	100	–	36:1
СЗЧ	2492.7±942.4	159.5±44.02	17500	754	70	30	7:1	31:1

Средняя длина половозрелых самок *O. davisae* в разных районах Чёрного моря изменялась от 0.45 до 0.59 мм, самцов – от 0.41 до 0.51 мм (рисунок 10). Длина самок с яйцевыми мешками варьировала в пределах 0.47 – 0.56 мм. Максимальная длина рачков отмечена в СЗЧ, минимальная – в восточной части моря. Средний размер половозрелых особей,

как правило, уменьшался с удалением от берега. Максимальные размеры *O. davisae* обнаружены на ст. 18, расположенной на северо-западном шельфе на границе с открытым морем. Вероятно это объясняется сходными гидрохимическими и гидрофизическими характеристиками на ст.18 и прибрежных станциях, на которых ТПВ была 22.5 – 22.7 °С, соленость 16.2 – 16.4‰.

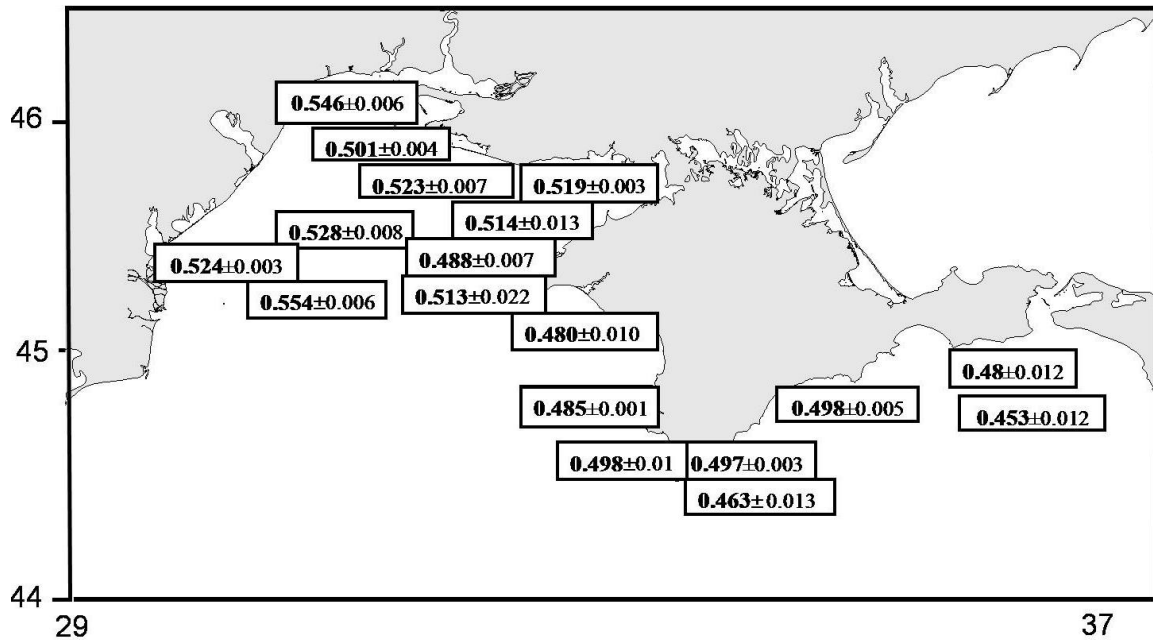


Рисунок 10. Пространственное распределение размерного состава половозрелых самок *O. davisae* в разных районах Чёрного моря в августе 2011 г.

Классическими методами параметрической (одномерной) статистики не выявлено связи между распределением *O. davisae* и ТПВ, а также соленостью. На станциях с низкой ТПВ были отмечены как высокие, так и минимальные величины численности *O. davisae*. Аналогично, численность *O. davisae* была высокой на станциях и с низкой, и с высокой соленостью. Методами многомерного анализа (анализа главных компонент и на основе расчёта коэффициента ранговой корреляции Спирмена –  $\rho_{max}$ ), из исходного набора переменных выделены комбинации факторов, в большей степени определяющих количественное распределение *O. davisae*. Для всех стадий развития рачков ( $\rho_{max} = 0.680 - 0.848$ ) важную роль играли средняя величина содержания кислорода в слое 10 – 30 м и средняя величина солености над галоклином.

*A. clausi* была массовой в открытых районах СЗЧ, максимальные её величины численности отмечены в придунайском районе (4 тыс. экз.·м<sup>-3</sup>). *A. tonsa* встречалась на нескольких станциях СЗЧ с численностью до 200 – 300 экз.·м<sup>-3</sup>, на остальных станциях зарегистрированы единичные особи. Высокая численность *P. elongatus* (270 – 307 экз.·м<sup>-3</sup>) отмечена над свалом глубин (100 – 1000 м), а также на относительно мелководной ст. 27 в СЗЧ. Высокая численность *C. euxinus* отмечена на глубоководных станциях у юго-западной побережья Крыма. Максимум обилия *P. parvus* отмечен у мыса Тарханкут и в Каркинитском заливе (до 1 тыс. экз.·м<sup>-3</sup>), высокая его концентрации зарегистрирована на взморье рек Днестр и Дунай, в восточной части моря у Керченского пролива. Средняя численность *C. ponticus* в исследованной акватории была 40 экз.·м<sup>-3</sup>. Повышенные величины отмечены в СЗЧ у мыса Тарханкут и в Каркинитском заливе, на разрезе от м. Тарханкут к устью р. Дунай. В исследуемый период копеподы активно размножались, о чём свидетельствует обилие науплиальных стадий, средняя численность которых составляла 1363 экз.·м<sup>-3</sup>, с максимумом у Керченского пролива и в мелководной СЗЧ (более 3 тыс. экз.·м<sup>-3</sup>).

Кладоцеры были представлены четырьмя массовыми черноморскими видами, среди них доминировала *P. avirostris*, субдоминирующим видом был *P. polyphemoides*. Высокая

численность *P. avirostris* отмечена на взморье рек Днестр и Дунай, в керченском предпроливье, районе западной халистазы. Численность *P. polyphemoides* была выше в акваториях вблизи черноморских портов – Одесса и Керчь.

Крупные особи *Sagitta setosa* регистрировали в открытых районах моря над глубинами 50 – 200 м, мелкие особи (длиной до 7 – 8 мм) – в акватории Керченского предпроливья, где отмечена их высокая численность. Аборигенный гребневик *P. pileus* в основном встречался вдоль южного берега Крыма над глубинами более 100 м и в глубоководной части моря. В Каркинитском заливе зарегистрирован максимум численности личинок двухстворчатых моллюсков.

Число зарегистрированных таксонов изменялось от 17 на взморье дельт Днестра и Днепра до 28 у Евпатории. Видовое богатство (индекс Маргалефа  $d'$  и индекс Фишера  $a_m$ ) было самым низким на ст. 25 на взморье дельт Днестра и Днепра ( $d'=1.6$ ,  $a_m=1.8$ ), а максимальным у ЮБК (величины на ст. 9 составили  $d'=3.1$ ,  $a_m=3.8$ ). Выравненность сообщества, выраженная индексом Пиелоу, была высокой на станциях над свалом глубин (максимальная величина  $J'=0.74$ ) и низкой на глубоководной ст. 13 ( $J'=0.5$ ). Таким образом, видовое богатство мезопланктона было ниже на станциях с высокой численностью, и выше в акваториях с низкой численностью.

Используя метод главных компонент и на основе расчёта коэффициентов ранговой корреляции Спирмана, выделена комбинация, состоящая из четырёх физико-химических параметров толщи воды, с высокой теснотой связи ( $\rho=0.823$ ) определяющих количественное распределение мезопланктона и структуру сообщества. Это градиент температур в термоклине, градиент солёности в галоклине, среднее содержание кислорода в слое 10 – 30 м и величина максимального содержания кислорода  $O_{2\max}$ .

Таким образом, показано, что на распределение мезопланктона влияют, помимо абсолютных величин гидрохимических и гидрофизических характеристик, их вертикальные градиенты.

## ВЫВОДЫ

1. Уточнён видовой состав мезопланктона Чёрного моря, основным компонентом которого в 2002 – 2011 гг. являлись восемь видов Copepoda (*Acartia clausi*, *A. tonsa*, *Paracalanus parvus*, *Pseudocalanus elongatus*, *Calanus euxinus*, *Centropages ponticus*, *Oithona similis*, *O. davisae*) и четыре вида Cladocera (*Pleopis polyphemoides*, *Penilia avirostris*, *Pseudoevadne tergestina*, *Evadne spinifera*), также существенный вклад вносили *Noctiluca scintillans*, *Oikopleura dioica*, *Sagitta setosa*, младшие стадии сцифоидных медуз (два вида) и гребневики (три вида), гидромедузы, в прибрежных районах Harpacticoida, личинки Decapoda, полихет, усоногих, двухстворчатых моллюсков и гастропод.
2. Показано, что недавний вселенец в Чёрное море, до 2012 г. ошибочно определяемый как *Oithona brevicornis*, является *Oithona davisae* Ferrari и Орси, 1984 (Cyclopoidea: Copepoda). Впервые для Черноморского бассейна указаны размеры всех стадий развития рачка и показано, что с удалением от берега средние размеры половозрелых особей уменьшаются. Впервые описано вертикальное и горизонтальное распределение этого вида в Чёрном море, суточная динамика, половая и возрастная структура, приведены размеры всех копеподитных стадий.
3. Разработан и создан принципиально новый пробосборник для изучения микрораспределения зоо- и ихтиопланктона – кассетный планктонометр Мельникова – Темных. С его помощью проведены сборы материала в прибрежье с задаваемой по глубине дискретностью горизонтов. Сочетание стандартных и новых методик сбора планктонных проб позволило получить репрезентативный материал и провести более подробный анализ данных.

4. Показано, что обильные скопления мезопланктона концентрируются в тонких по вертикали слоях, приуроченных к максимальным гидрофизическим градиентам, ниже и выше которых численность планктонтов изменяется на 1 – 3 порядка. Вселенец *O. davisae* в Чёрном море характеризуется максимальным обилием днём в слое 10–25 м, в остальное время суток – в слое 0–10 м. По вертикали вид разобщён с аборигенным представителем *Oithona* – *O. similis*. Максимальные суточные перемещения выявлены у активных мигрантов *Pseudocalanus elongatus* и *Calanus euxinus*, минимальные – у *Oithona davisae* и *Paracalanus parvus*.

5. Сезонный ход изменений обилия мезопланктона в прибрежье Крыма в 2002 – 2011 гг. характеризовался наличием двух – трех сезонных пиков, включая сентябрьский, который отсутствовал в середине 90-х годов, когда наблюдалось массовое развитие *M. leidy*. Кладоцеры практически полностью восстановили свою численность после вселения *M. leidy*, но сезонный максимум обилия каждого вида в 2009 – 2011 гг. сместился на месяц позже по сравнению с 1960-ми гг. Восстановление численности некоторых видов, по сравнению с катастрофически низкими величинами 1990-х годов, наряду с постепенным уменьшением амплитуды сезонных колебаний обилия планктона, уменьшением пресса со стороны хищного гребневика *M. leidy* свидетельствует о стабилизации состояния планктонного сообщества в прибрежной акватории у Севастополя.

6. Пространственное распределение мезопланктона характеризовалось уменьшением количественных показателей в направлении открытого моря. В сезонной динамике мезопланктона в бухте и на взморье различия проявились в большей изменчивости количественных характеристик в бухте. На распределение мезопланктона оказывают влияние как абсолютные величины гидрохимических и гидрофизических характеристик, так и градиент температур в термоклине, градиент солёности в галоклине, среднее содержание кислорода в слое 10-30 м и его максимальная величина в кислородном слое. В Каркинитском заливе летом 2011 г. обнаружена высокая концентрация личинок двустворчатых моллюсков (9125 экз.·м<sup>-3</sup>), что свидетельствует о хорошем экологическом состоянии района, а также максимум обилия вида-вселенца *O. davisae* (17500 экз.·м<sup>-3</sup>). Вдоль Крымского побережья максимум численности мезопланктона зарегистрирован в прибрежье Керчи, что может свидетельствовать о восстановлении экосистемы данного района.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Статьи в журналах из списка, рекомендованного ВАК:

1. Гаевская А.В., Корнийчук Ю.М., **Темных А.В.**, Пронькина Н.В. Черноморские гребневика и сагитты в жизненном цикле нематоды *Hysterothylacium aduncum* (Nematoda: Anisakidae) // Морск. экол. журн. – 2012. – Т. 11, № 1. – С. 25 – 28.

2. **Темных А.В.**, Токарев Ю.Н., Мельников В.В., Загородняя Ю.А. Суточная динамика и вертикальное распределение пелагических Соперода в открытых водах у юго-западного Крыма (Чёрное море) осенью 2010 г. // Морск. экол. журн. – 2012. – Т. 11, № 2. – С. 75 – 84.

3. Tokarev, Yu. N., V. V Melnikov, N. V Burmistrova, V. N. Belokopytov, **A.V. Temnykh** Some aspects of the climate impact on long-term changeability of the Black Sea bioluminescence field and plankton community characteristics // Journal of environmental protection and Ecology (JEPE). – 2010. – Vol.11, № 3. – P. 1078 – 1088.

4. **Temnykh A.**, Nishida S. New record of the planktonic copepod *Oithona davisae* Ferrari and Orsi in the Black Sea with notes on the identity of “*Oithona brevicornis*” // Aquatic Invasions – 2012. – Vol. 7, № 3. – P. 425 – 431.

### Патенты на изобретения:

5. Патент RU 2541453 С1 Устройство для сбора количественных проб зоо- и ихтиопланктона / Мельников В.В. (RU), **Темных А. В.** (RU) заявл.: 2014149882/93, 29.10.2014 опубл. 10.02.2015 Бюл. № 4.

6. Патент 91144 UA, МПК А01К 71/10 Пристрій для сбирання кількісних проб зоо- та іхтіопланктону / Мелніков В.В. (UA), **Темних А. В.** (UA), заявник Мелніков В.В. (UA), Темних А.В. (UA). – заявл. 23.12.2008; опубл. 25.06.2010, Бюл. № 12.

7. Патент 70081 U UA, МПК А61К 61/00 Способ оперативного комплексного исследования морских планктонных сообществ/ Токарев Ю.Н. (UA), Мельников В.В. (UA), Василенко В.И. (UA), Жук В.Ф. (UA), **Темных А.В.** (UA); заявитель Институт биологии южных морей НАН Украины им А.О. Ковалевского НАН Украины (UA). – заявл. 18.11.2011; опубл. 25.05.2012; Бюлл. №10.

### Статьи в рецензируемых журналах:

8. Загородняя Ю.А., **Темных А.В.**, Морякова В.К. Сезонные изменения голопланктона в прибрежной зоне Чёрного моря в 2002 г. // Морск. экол. журн. – 2007. – Т. 6, № 1. – С. 31 – 43.

9. Токарев Ю.Н., Мельников В.В., Белокопытов В.Н., **Темных А.В.**, Бурмистрова Н.В. Некоторые аспекты формирования синоптической изменчивости биолюминесцентных полей и скоплений планктона в Чёрном море // Морск. экол. журн. – 2007. – Т. 6, № 4. – С. 69 – 79.

10. **Темных А.В.**, Загородняя Ю.А., Морякова В.К. Пространственная изменчивость сезонной динамики зоопланктона в прибрежных водах юго-западного Крыма (по материалам 2002 - 2003 гг.) // Экология моря – 2008. – № 75. – С. 23 – 30.

### Работы, опубликованные в материалах конференций:

11. **Темных А.В.**, Губанова А.Д., Хворов С.А. Таксономический состав и сезонная динамика сообщества мезозоопланктона Севастопольской бухты в 2003 году // Тез. Докл. Междунар. конф. «Современные технологии мониторинга и освоение природных ресурсов южных морей России» Ростов-на-Дону: изд-во ООО «ЦВВР», 2005. – С. 146 – 147.

12. **Темных А.В.** Результаты мониторинга Севастопольской бухты по материалам 2003 и 2005 гг. // Тез. Докл. Междунар. конф. «Ecological Studies, Hazards, Solution», 2006, Vol. 11. – P. 100 – 101.

13. **Темных А.В.**, Загородняя Ю.А., Морякова В.К. Сравнительный анализ сезонной динамики голопланктона на шельфе Крыма в 2002 и 2003 гг. // Тез. Докл. Междунар. конф. «Проблемы биологической океанографии XXI века» – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. – С. 42.

14. Силаков М.И., **Темных А.В.** Банк знаний «Биоразнообразие южных морей» // Тез. Докл. 5й Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых по проблемам водных экосистем «Понт Эвксинский V» – Севастополь, 2007. – С. 80 – 81.

15. **Темных А.В.**, Мельников В. В. Некоторые аспекты долгопериодной изменчивости условий существования зоопланктона Черного моря. // Тез. Докл. Международной конференции «Современные проблемы рационального природопользования в прибрежных морских акваториях Украины», Севастополь, Кацивели. – 2007. – С. 118 – 119.

16. Мельников В.В., **Темных А.В.** Кассетный планктонометр // Тез. Докл. XI Международной научно-технической конференции МСОИ, 2009, Москва. – Ч. 3. – С. 27 – 31.

17. **Темных А.**, Силаков М., Мельников В. Экспресс-анализ планктонного сообщества в районе филлофорного поля Зернова по результатам 68 рейса НИС «Профессор Водяницкий» // Тез. Докл. 7-й Междунар. Науч.-практ. конф. молодых ученых по проблемам вод-

ных экосистем «Pontus Euxinus 2011», посвящ. 140-летию Института биологии южных морей НАН Украины. – Севастополь, 2011. – С. 234 – 235.

18. **Темных А.**, Силаков М. Пространственное распределение *Noctiluca scintillans* в Чёрном море в летнее время // Тез. Докл. VIII Международной научно-практической конференции молодых учёных по проблемам водных экосистем «Понт Эвксинский–2013» – Севастополь. – 2013. – С. 143 – 144.

19. **Темных А.В.**, Силаков М.И. Состояние зоопланктона в открытом прибрежье Севастополя (Черное море) в 2009 – 2011 гг. // «Экологические проблемы Азово-Черноморского региона и комплексное управление прибрежной зоной» Под ред. С. И. Рубцовой – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014. – С. 194 – 196.

20. Силаков М.И., **Темных А.В.** Пространственное распределение *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid and Swezy, 1921 в шельфовой зоне юго-западной части Крыма (Черное море) в 2014 г. // Тез. Докл. II научно-практической молодежной конференции «Экобиологические проблемы Азово-Черноморского региона и комплексное управление биологическими ресурсами». Севастополь: ООО «НЦП ЭКОСИ-Гидрофизика», 2015. – С. 157 – 160.

21. Лях А.М., Царин С.А., Лелеков С.Г., **Темных А.В.**, Силаков М.И. Создание адаптивной экспертной системы для распространения таксономических знаний и таксономической идентификации на базе коллекционных материалов ИнБЮМ // сборник материалов Международ. науч.-практ. конф. «The Problems of Study and preservation of Maritime Heritage», 1-е изд. – Калининград: Издательский дом «РОС-ДОАФК», 2016. – С. 253 – 257.

22. **Темных А.В.**, Силаков М.И., Серикова И.М., Жук В.Ф., Белогурова Ю.Б. Применение биолюминесценции в океанографических исследованиях // Материалы молодежной научной конференции «Комплексные исследования морей России: оперативная океанография и экспедиционные исследования» – Севастополь, 2016. – С. 501 – 505.

23. **Temnykh A.V.**, Tokarev Y.N., Melnikov V.V., Belokopytov V.N., Burmistrova N.V., Mashukova O. V. Some aspects of climatic variability on the formation of zooplankton accumulations in the Black Sea. Abstr. of 42nd European Marine Biology Symposium – Kiel, Germany, 2007. – P. 253.

24. **Temnykh A.**, Melnikov V., Zagorodnyaya Yu. The Variability of the Black Sea Zooplankton as a Derivative of Long Term Dynamics in the Water Hydrological Structure. In: Human and Climate Forcing of Zooplankton Populations // Abstr. of 4th Int Zooplankt Prod Symp, Hiroshima. – 2007. – P. 212.

25. **Temnykh A.V.**, Melnikov V.V., Belokopytov V.N., Zagorodnyaya Yu.A. Climatic influence on the changes habit for zooplankton in the Black Sea. Journal of Biology BDUА. – 2007. – V. 2. – ISSN 1646-0111. – P. 271.

26. Molinero J.C., Sommer U., Casini M., Dulcic J., Edwards M., Grbec B., Lehmann A., Licandro P., Melnikov V., Morovic M., Sommer F., **Temnykh A.** Climate-plankton-fish interactions across semi-enclosed European Shelf Seas. What we can learn from meta-analysis? // Abstr. of 5<sup>th</sup> World Fisheries Congress – Yokogama, Japan, 2008.

27. Tokarev Y.N., Melnikov V.V., **Temnykh A.V.** Effect of climate changes on the aquatic ecosystem of the Black Sea: from planktonic communities to fish recruitment // Abstr. of Intern. Symp. “Effects of Climate Change on the World’s Oceans” – Gijon, Spain. – 2008. – P. 139.

28. Tokarev Y.N., **Temnykh A.V.**, Melnikov V.V., Zagorodnyaya Y.A. Reaction of the Black Sea plankton community due to the climatic cycles change. In: Climate Change in the Black Sea – Hypothesis, Observations, Trends scenarios and mitigation strategy for the ecosystem: 2nd Bi-annual and Black Sea Scene EC Project Joint Conference: Paper Abstr. (Sofia, Bulgaria 6-8 Oct. 2008)/ Commission on the protection on the Black Sea against Pollution. – Sofia, 2008. – P. 31.

29. Tokarev Y.N., Melnikov V.V., Burmistrova N.V., **Temnykh A.V.** The Long-Time Trend of the Climate Influence on the Black Sea Bioluminescence and Plankton Community Changea-



bility. In: Climate Change in the Black Sea – Hypothesis, Observations, Trends scenarios and mitigation strategy for the ecosystem: 2nd Biannual and Black Sea Scene EC Project Joint Conference: Paper Abstr. (Sofia, Bulgaria 6-8 Oct. 2008) / Commission on the protection on the Black Sea against Pollution. – Sofia, 2008. – P. 63.

30. Tokarev Yu., Melnikov V., Burmistrova N., Belokopytov V., **Temnykh A.** Climate impact on long-term changeability of the black sea bioluminescence field and plankton community characteristics. Published in: Moncheva, S. (Ed.) BS-HOT 2008 Collected Reprints – 2008. – P. 192 – 200.

31. **Temnykh A.**, Melnikov V.V., Zagorodnyaya Y.A. Long-term changes of zooplankton in the coastal waters of the North-Eastern Black Sea // Abstr. of 43rd Estuarine and Coastal Sciences Association: Intern. Symp. “Climate Change impacts on South-European coastal ecosystems” – Lisbon, 2008. – P. 34.

32. Molinero J.C., Casini M., Conversi A., Dulcic J., Edwards M., Grbec B., Licandro P., Morovic M., Ibanez F., Melnikov V., Sommer U., **Temnykh A.** Assessing climate forcing on pelagic ecosystems across European Shelf Seas: a synthesis through meta-analysis // Abstr. of ASLO Aquatic Sciences Meeting, Nice, France. – 2009.

33. **Temnykh A.**, Melnikov V. A New Cassete Planktonometer // Abstr. of ICES CM 2009/I – P. 164.

34. **Temnykh A.V.**, Tokarev Y.N., Melnikov V.V. The Black Sea zooplankton-climate connection: a multi-scale approach and new methods. Abstr. of Intern. Symp. – Sendai, Japan. – 2010. – P. 91.

35. **Temnykh A.**, Melnikov V., Silakov M. Effects of long-term climate variability on the mesoplankton community structure in the Black Sea coastal areas // Abstr. of 5th Intern. Zooplank. Prod. Symp. “Population Connections, Community Dynamics, and Climate Variability” – Pucon, Chile. – 2011. – P. 155.

36. **Temnykh A.**, Melnikov V., Silakov M. Regional differences in water temperature impact on coastal mesoplankton communities // Abstr. of 5th Intern. Zooplank. Prod. Symp. “Population Connections, Community Dynamics, and Climate Variability” – Pucon, Chile. – 2011. – P. 155.

37. **Temnykh A.**, Melnikov V., Silakov M. One more guilty player in the dramatic changes in the plankton of the Black Sea – *Acartia clausi* // Abstr. of 5th Intern. Zooplank. Prod. Symp. “Population Connections, Community Dynamics, and Climate Variability” – Pucon, Chile. – 2011. – P. 173.

38. **Temnykh A.**, Melnikov V., Tokarev Y., Silakov M. State of plankton community of the Zernov’s Phyllophora Field (Black Sea) in 2010-2011 // Abstr. of 2nd Intern. Symp. “Effects of Climate Change on the World’s Oceans” – Yeosu, Korea. – 2012. – P. 245.

39. **Temnykh A.**, Silakov M. Synergetic effect of climate change, anthropogenic eutrophication and invaders on plankton community of the Black Sea // Abstr. of 3rd International Symposium Effects of Climate Change on the World’s Oceans, March 21–27, 2015, Santos, Brazil – P. 255.

40. **Temnykh A.**, Silakov M. Seasonal cycles of mesoplankton in different climatic periods in the open coastal waters near Crimea (Black sea) // Abstr. of 3rd International Symposium Effects of Climate Change on the World’s Oceans, March 21–27, 2015, Santos, Brazil – P. 224.