

## ОСОБЕННОСТИ МЕЖГОДОВОЙ И СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕЧЕНИЯ ГИДРОБИОНТОВ В ОТНОСИТЕЛЬНО ГЛУБОКОВОДНОЙ И МЕЛКОВОДНОЙ АКВАТОРИЯХ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД СЕВАСТОПОЛЯ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

Е. Б. Мельникова

*Институт природно-технических систем ФГБУН.*

Поступила в редакцию 11.05.2016 г.

**Аннотация.** Проведены исследования межгодовой и сезонной изменчивости интенсивности свечения гидробионтов в относительно глубоководной акватории моря и в акватории Севастопольской бухты (Черное море) за шестилетний период (2009—2014 гг.). Анализ проведен для пяти условно выделенных гидрологических сезонов, характеризующихся своими особенностями видового состава и функционального состояния обитателей пелагиали. Найден тренд межгодовых сезонных изменений интенсивности свечения гидробионтов и проведен их анализ. Показано, что в Севастопольской бухте на сезонные изменения интенсивности свечения гидробионтов в основном влияют гидрологические факторы: температура воды и соленость, зависящая от величины стока реки Черная, а в относительно глубоководной акватории моря существенное влияние оказывает еще и термохалинная структура вод.

**Ключевые слова:** интенсивность свечения гидробионтов, тренды сезонных изменений, мониторинговые исследования, гидрологические параметры, глубоководная акватория, Севастопольская бухта.

**Abstract.** Studies of interannual and seasonal variability of aquatic luminescence intensity in relatively deep waters of the sea and in the waters of the Sevastopol Bay (Black Sea) for the six-year period (2009—2014) were conducted. The analysis was performed for the five conditionally selected hydrological seasons, which are characterized by the features of species composition and functional state of the pelagic inhabitants. Found trend of seasonal changes in aquatic luminescence intensity. It is shown that in the Sevastopol bay on the seasonal changes in aquatic luminescence intensity is mainly influenced by hydrological factors: water temperature and salinity, depending on the value of the incoming river water in the bay. The relatively deep Sea greatly influences the thermohaline structure of water.

**Keywords:** luminescence aquatic organisms, trends seasonal changes, monitoring research, hydrological parameters, deep sea, Sevastopol bay

Для оценки современного состояния черноморской экосистемы и тенденций ее изменения под воздействием абиотических и биотических факторов необходимо проводить регулярные мониторинговые исследования. И, в первую очередь, это относится к прибрежным участкам шельфа, испытывающим наибольшую антропогенную нагрузку. Прибрежные воды Севастополя относятся к акваториям активного хозяйственного использования, приводящего к многокомпонентному за-

грязнению вод нарушающему экологическое состояние пелагического сообщества [1-3].

В настоящее время для экспрессной оценки состояния гидробионтных сообществ, среды их обитания и экологической ситуации в целом применяют тестовые биоиндикаторы. В Черном море такими быстродействующими информативными биодикторами являются гидробионты, способные излучать свет (явление биолюминесценции). Реакция гидробионтов на изменения параметров среды и протекающие биохимические процессы в морских организмах вызывают изменение их свечения [4-6].

Исследование пространственного распределения интенсивности свечения планктонных организмов проводили многие исследователи [7-11]. Известны работы, посвященные выяснению связи характеристик интенсивности свечения гидробионтов с видовым разнообразием и распределением планктонных сообществ, влиянию отдельных факторов загрязнения, а также абиотических и биотических факторов среды на интенсивность свечения организмов, определению основных черт суточной динамики интенсивности свечения планктонных сообществ, сезонным изменениям интенсивности свечения гидробионтов в Черном море [5, 12-17]. Однако исследования региональных особенностей межгодовой и сезонной изменчивости вертикальной структуры интенсивности свечения планктонных организмов и их связь с состоянием водной среды в прибрежных водах крымского полуострова в районе г. Севастополя и тенденции его изменения еще недостаточно изучены. Актуальность подобных мониторинговых работ имеет неотъемлемый экологический аспект.

Целью работы является определение трендов межгодовых изменений интенсивности биолюминесценции с учетом сезонных особенностей развития гидробионтных сообществ в относительно глубоководной и мелководной акваториях прибрежных вод Севастополя (Черное море).

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Исследования сезонной вариабельности вертикальной структуры интенсивности свечения гидробионтов проводили в относительно глубоководной ( $h \geq 60$  м) имеющей водообмен с открытой частью моря акватории на траверзе б. Круглая (ст. 1), а также в мелководной Севастопольской бухты в районе б. Константиновская (ст. 2) и б. Голландия (ст. 3), глубина которых не превышает 19 м (рис. 1).

Севастопольская бухта относится к водоёмам эстуарного типа и имеет ограниченный водообмен с открытым морем. Кроме того, Севастопольская бухта включает устьевое взморье реки Чёрная, которая является стоком пресных вод в бухту, в результате чего происходит смешение речных и морских вод [1-3]. Для анализа межгодовой изменчивости интенсивности биолюминесценции были использованы данные за шестилетний период (2009–2014 гг.).

Вертикальные профили интенсивности биолюминесценции, а также фоновые характеристики пелагиали исследовали методом бати-

фотометрического зондирования, используя гидробиофизический комплекс «Сальпа-М» [18, 19], с помощью которого измеряли интенсивность биолюминесцентного излучения, температуру, соленость. Съёмки проводили в ночное время через 2 часа после наступления темноты. Одновременно с регистрацией интенсивности свечения гидробионтов производили отбор планктонных проб пятилитровым батометром с горизонтов, соответствующих максимальному свечению организмов [20].

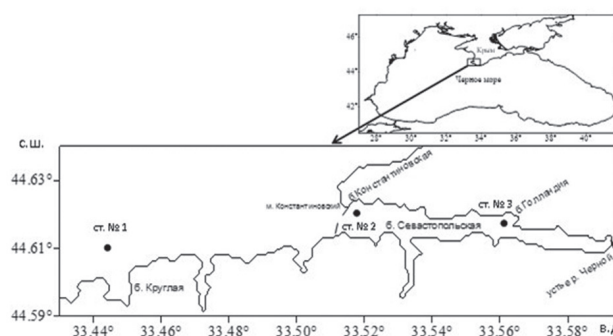


Рис. 1. Схема района исследования.

Для глубоководной акватории (ст. 1) при обработке результатов экспериментальных исследований выделяли слой, в котором интенсивность свечения организмов превышала половину от максимального для данного зондирования. Затем находили связь этого слоя с гидрологическими параметрами вод и его сезонную и межгодовую изменчивость.

Тренды межгодовых изменений интенсивности свечения организмов находили с помощью полинома второго порядка

$$I_x = ax^2 + bx + c, \quad (1)$$

где  $I_x$  – интенсивность свечения организмов в году  $x$ ;  $x = 1, 2, \dots, 6$  – номер года в период проведения исследований (2009–2014 гг.);  $a, b, c$  – коэффициенты полинома.

Математическую обработку результатов проводили на персональном компьютере с использованием программ Microsoft Excel 7.0, SigmaPlot 11.0, Statistica 6.0.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Интенсивность суммарного свечения организмов на всех станциях регистрировали начиная от поверхности до придонных глубин. На рис. 2, 3 и 4 изображены средние значения интенсивности свечения гидробионтов для пяти условно выделенных гидрологических сезонов, характеризующихся своими особенностями видового состава и

функционального состояния обитателей пелагиали, — зимнего (январь, февраль, март), весеннего (апрель, май), летнего (июнь, июль, август), раннеосеннего (сентябрь, октябрь) и позднеосеннего (ноябрь, декабрь). На этих рисунках приведены также найденные уравнения сезонных трендов

Среднемесячные температуры в зимний период в исследуемой акватории, как правило, менее 9.0°C. Мониторинговые исследования показали, что в целом 2009–2014 годы характеризовались теплыми зимами. В 2009 г в глубоководной акватории (ст. 1) средняя за сезон температура морской воды составляла 8.4°C, соленость – 18.38‰. Этот год характеризовался самыми высокими за исследуемый период значениями интенсивности свечения биолюминесцентоов. В последующие годы прослеживалась тенденция повышения средней за сезон температура (за исключением холодного 2012 года, в котором средняя за сезон температура снизилась до 8.0°C и наблюдались

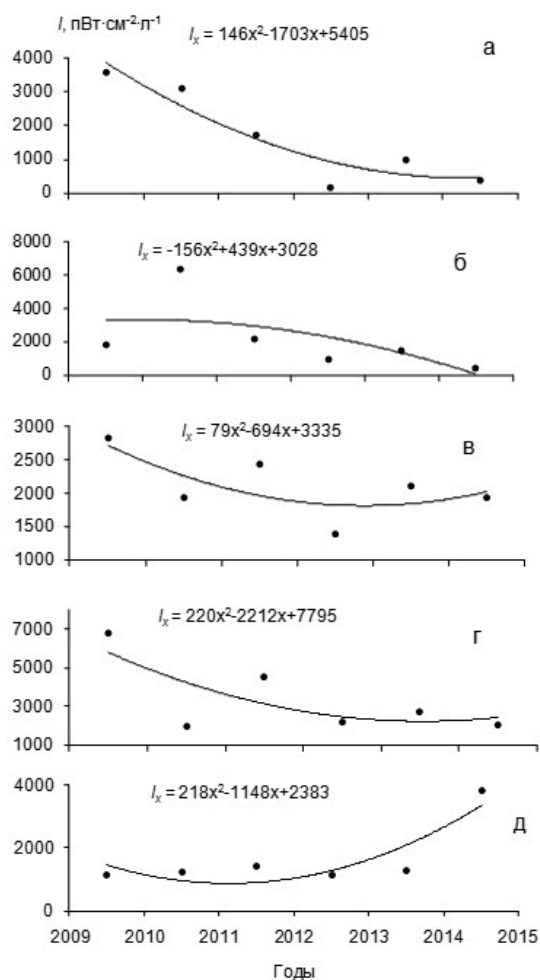


Рис. 2. Тренды межгодовых изменений интенсивности биолюминесценции в открытой акватории (ст. 1): а – зимний; б – весенний; в – летний; г – раннеосенний; д – позднеосенний периоды.

самые низкие значения интенсивности биолюминесценции). В 2014 году температурные показатели были максимальны и составляли 9.3°C, при солености 18.20‰. В целом, в исследуемый период наблюдалась тенденция уменьшения интенсивности биолюминесценции с 3600 пВт·см²·л⁻¹ в 2009 году до 400 пВт·см²·л⁻¹ в 2014г. В зимний период основной вклад в интенсивность биолюминесценции вносят холодолюбивые виды светящихся гидробионтов представители рода *Neoceratium* – *N. furca*, *N. fusus*, *N. tripos* и *рода Protoperidinium* – *P. divergens*, *P. pallidum*, *P. steinii*, *P. crassipes*. [7, 12, 17, 20-22].

В Севастопольской бухте (ст. 2 и ст. 3) на изменения интенсивности свечения гидробионтов оказывают влияние как морские, так и речные воды. В 2009–2014 годах в Севастопольской бухте температура воды повышалась от 7.6°C в 2009

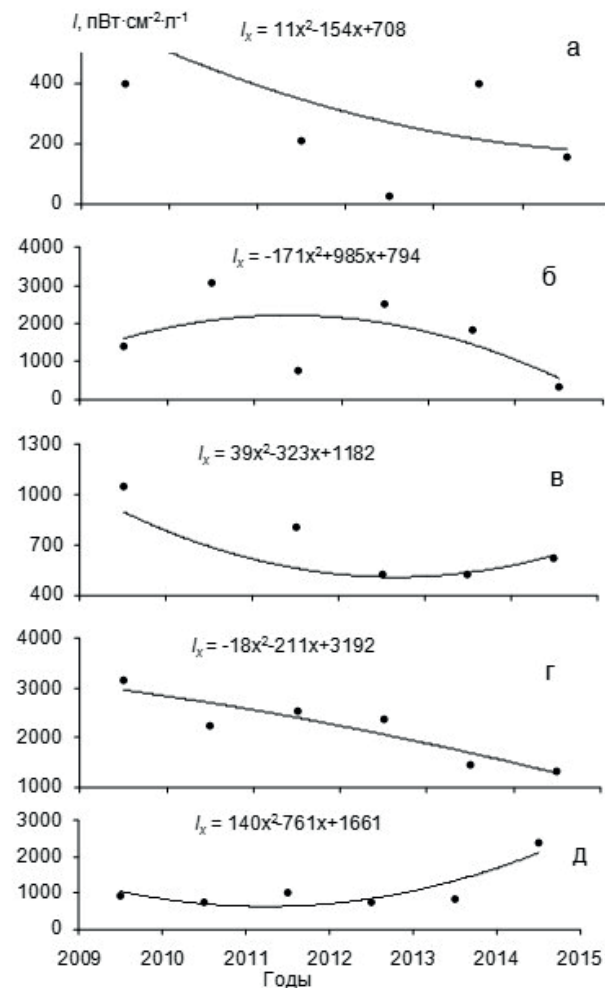


Рис. 3. Тренды межгодовых изменений интенсивности биолюминесценции в бухте Константиновская (ст. 2): а – зимний; б – весенний; в – летний; г – раннеосенний; д – позднеосенний периоды

году до 8.5°C в 2013–2014 гг., а соленость незначительно уменьшилась. Интенсивность биолюминесцентного свечения организмов уменьшилась с 450 пВт·см<sup>-2</sup>·л<sup>-1</sup> в 2009 г. до 150 пВт·см<sup>-2</sup>·л<sup>-1</sup> в 2014 г. Анализ показал, что в глубоководной акватории интенсивность биолюминесценции с 2009 по 2014 год уменьшилась в 9 раз, а в Севастопольской бухте уменьшилась примерно в 3 раза.

В весенний период в глубоководной акватории моря начинается прогрев толщи воды и перестройка вертикальной термической структуры. Преобладание теплых зим и небольшая разница в изменении температурного режима при переходе от зимнего к весеннему периоду повлияли и на интенсивность свечения организмов. Так в 2009–2010 годах, разница между средними температурами зимнего и весеннего периодов составляла почти 4.0°C интенсивность свечения гидроби-

онтов была выше по сравнению с 2014 годом, в котором межсезонная разница температур составляла лишь 1.0°C.

Весенний период характеризуется увеличением численности и биомассы теплолюбивых светящихся видов динофлагеллят рода *Goniaulax* – *G. apiculata*, *G. digitale*, рода *Scrippsiella* – *S. trochoidea* и рода *Protoperidinium* – *P. depressum*, *P. granii*, *P. pentagonum*, *P. diabolium* [7, 12, 17, 20–22]. За счет этого интенсивность суммарного свечения организмов в весенний период возрастает по сравнению с холодным периодом. Однако интенсивность развития гидробионтов в весенний период зависит в значительной степени от гидрологических параметров водной среды в зимний период.

Весенний период за счет преобладания теплых зим в 2009–2014 годах характеризовался в целом не высоким уровнем интенсивности биолюминесценции (1000–2000 пВт·см<sup>-2</sup>·л<sup>-1</sup>). За исключением 2010 года, в котором наблюдалось значительное увеличение средней за апрель–май интенсивности биолюминесценции (до 6500 пВт·см<sup>-2</sup>·л<sup>-1</sup>), с превышением более чем в 3 раза интенсивности остальных годов. В этот год наблюдалась большая разница межсезонных температур – 4.0°C при средне сезонной температуре 13.0°C. Сформировавшиеся гидрологические факторы способствовали интенсивному весеннему развитию светящихся видов, в том числе, одному из самых крупноклеточных динофлагеллят – ночесветки *Scintillans* [7].

Найденное уравнение тренда для весеннего периода глубоководной акватории приведено на рис. 2. Видно, что в целом интенсивность биолюминесценции уменьшилась за шестилетний период наблюдений в 4 раза (без учета 2010 года).

В Севастопольской бухте за счет ее мелководья весенний прогрев по всей толще воды происходит быстрее, чем в глубоководной акватории [1, 2, 3] и происходит интенсивное развитие теплолюбивых светящихся гидробионтов [6, 12–22]. Как видно из трендов, изображенных на рис. 3 и 4, изменения интенсивности свечения организмов на протяжении 2009–2014 годов не имели монотонного характера. В 2012 году наблюдалось увеличение интенсивности биолюминесценции достигающее 4 раз по сравнению с предыдущими и последующими годами. Это связано с тем, что 2012 год характеризовался самой холодной зимой с сильными ветрами за период проведения исследований. За счет этого в зимний период этого года наблюдалось глубокое перемешивание водных

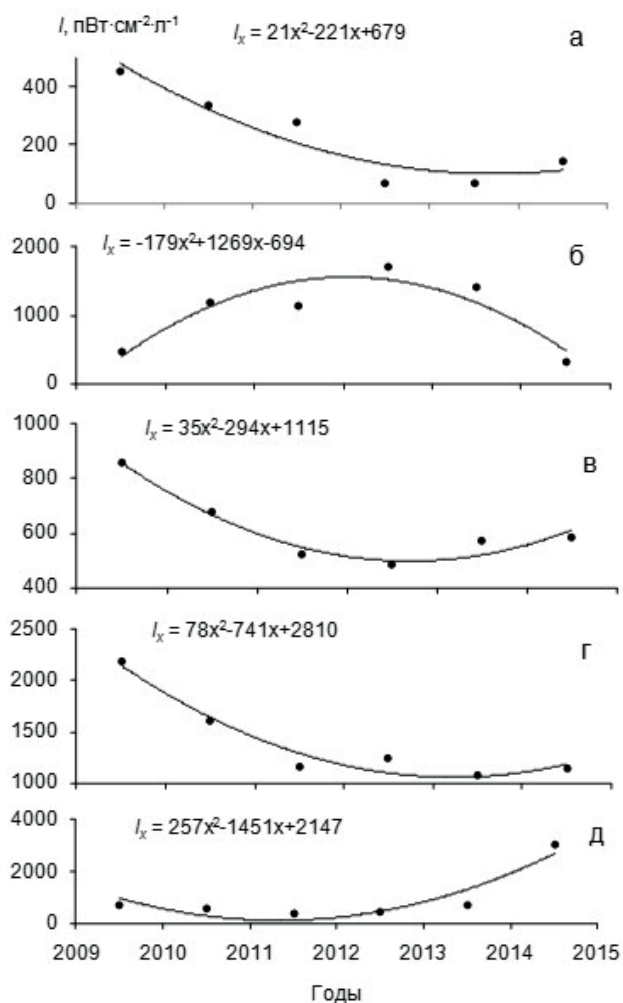


Рис. 4. Тренды межгодовых изменений интенсивности биолюминесценции в бухте Голландия (ст. 3): а – зимний; б – весенний; в – летний; г – раннеосенний; д – позднеосенний периоды

слоев и насыщение их биогенными веществами [2], способствующих развитию гидробионтов [21, 22] в весенний период.

В глубоководной акватории постепенный прогрев водной толщи при переходе от весеннего к летнему периоду вследствие возникающей температурной стратификации вод затрудняет процессы вертикального обмена и вынос к поверхности биогенных веществ [1-3]. Светящиеся организмы уходят в ниже лежащие водные слои с оптимальной для их жизнедеятельности температурой, расположенной в зоне температурного скачка [6, 12, 22].

В Севастопольской бухте в летний период продолжался прогрев всей толщи воды. Отсутствие температурной стратификации вод и повышение температуры до высоких значений (в среднем до 22.5–23.0°C) привели к снижению интенсивности свечения организмов по сравнению с весенним периодом в 2.5 раза.

В летний период межгодовые сезонные тренды изменений интенсивности свечения в глубоководной акватории и Севастопольской бухте имеют одинаковый характер (рис. 2–4): уменьшение интенсивности биолюминесценции начинается в 2009 году, достигает минимума в 2012 году (уменьшение примерно в 2 раза) и затем небольшое увеличение (приблизительно 1.2÷1.5 раза) интенсивности биолюминесценции в 2013–2014 годах.

В сентябре-октябре начинается осеннее интенсивное развитие светящихся гидробионтов представителей рода *Neoceratium* – *N. inflatum*, рода *Goniaulax* – *G. digitale* *G. polygramma* *G. Spinifera*, рода *Lingulodinium* – *L. polyedrum*, рода *Protoperidinium* – *P. claudicans*, *P. conicum*, *P. globules*, *P. oceanicum*, *P. pellucidum*, *P. sinaicum*, *P. solidicorne* [6, 12, 21, 22]. При средней многолетней температуре 18.0°C на ст. 1 интенсивность свечения увеличилась в среднем, примерно, в 2 раза по сравнению с летним периодом.

Анализ данных показал, что в этот период наблюдается постепенное охлаждение верхних водных слоев, слой термоклина становится шире, чем летом, градиент температурного скачка в нем уменьшается. Интенсивность свечения гидробионтов в раннеосенний период зависит от термохалинной структуры вод. В те годы, когда наблюдался высокий градиент температуры в слое температурного скачка, диапазон глубин, в котором наблюдался высокий уровень интенсивности свечения, уменьшался, а интенсивность свечения

в нем — возрастала. Это и определило характер межгодовых изменений интенсивности свечения организмов в раннеосенний период в глубоководной акватории на ст. 1 (рис. 2).

В Севастопольской бухте по многолетним данным охлаждение вод в раннеосенний период отличается от года к году. Так в 2009 году, когда летний прогрев водной толщи составлял в среднем около 23.0°C, а раннеосенний — 20.4°C, наблюдалось медленное охлаждение Севастопольской бухты (температура снизилась всего на 2.6°C). Эти температурные условия способствовали осеннему развитию мелкоклочных динофлагеллят. Значение интенсивности свечения в этом году было самым высоким в исследуемый шестилетний период. В другие годы наблюдались более резкие перепады температуры. Так, например, в 2013 году отличие среднелетних от раннеосенних температур составило в среднем 4.5°C. Быстрое охлаждение вод в раннеосенний период негативно влияет на развитие светящихся гидробионтов.

В то время как интенсивность свечения в раннеосенний период увеличивалась во все года проведения исследований по сравнению с летними показателями в 2–3 раза, прослеживалась тенденция к снижению интенсивности свечения от 2009 к 2014 году с небольшим подъемом (около 1.1 раза) в 2014 году на ст. 3. На ст. 2 в Севастопольской бухте в 2014 году, так же как и в предыдущие годы, продолжалось уменьшение интенсивности свечения (рис. 3–4).

Позднеосенние периоды 2009–2014 гг. в глубоководной акватории на ст. 1 характеризовались малыми разбросами температурных показателей. Для этого периода характерно дальнейшее понижение температуры воды и размытие термоклина. В ноябре-декабре интенсивность свечения организмов уменьшились примерно в 2 раза по сравнению с сентябрем-октябрем.

Однако в 2014 году в позднеосенний период среднемесячная температура (14.0°C) была несколько выше средней многолетней. Интенсивность суммарного свечения гидробионтов была очень высокой для этого периода – 3844 пВт·см<sup>-2</sup>·л<sup>-1</sup>, при многолетних средне сезонных значениях — 1238 пВт·см<sup>-2</sup>·л<sup>-1</sup>.

В Севастопольской бухте в позднеосенний период наблюдалось дальнейшее охлаждение вод и снижение температуры до 11.0°C. Интенсивность суммарного свечения организмов в Севастопольской бухты уже к ноябрю-декабрю по многолетним данным уменьшилась по сравнению с сентя-

брем-октябрем в 2 раза и на ст. 2 составила 950 пВт·см<sup>-2</sup>·л<sup>-1</sup>, а на ст. 3 — 742 пВт·см<sup>-2</sup>·л<sup>-1</sup>.

В 2014 году в Севастопольской бухте среднемесячная температура для этого периода года была достаточно высокой (13.5°C) по сравнению с межгодовой сезонной (11.0°C) и интенсивность свечения была выше (2500 пВт·см<sup>-2</sup>·л<sup>-1</sup>).

В позднеосенний период как в глубоководной акватории, так и в мелководной Севастопольской бухте многолетние тренды изменения интенсивности свечения гидробионтов (рис. 2—4) имеют нарастающий характер. При этом в 2014 году наблюдались значительные увеличения интенсивности свечения (в 3 раза) по сравнению с предыдущими годами. Сравнение позднеосенних трендов изменения интенсивности свечения с зимними трендами (рис. 2—4) показывает, что в последние годы наблюдается уменьшение зимней интенсивности свечения при увеличении позднеосенней.

Так, например, если в 2009 году в глубоководной акватории моря на ст. 2 зимняя интенсивность свечения гидробионтов превышала позднеосеннюю примерно в 3 раза, то в 2014 году, наоборот, позднеосенняя была больше зимней более чем в 7 раз. То есть более высокая интенсивность свечения гидробионтов в последние годы смещается на более ранний период — с января-марта на ноябрь-декабрь.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Найдены тренды сезонных изменений интенсивности свечения гидробионтов в глубоководной и мелководной акваториях прибрежных вод Севастополя (Черное море) за период 2009—2014 годов. Показано, что в Севастопольской бухте на изменения интенсивности свечения гидробионтов в основном влияют гидрологические параметры водной среды, а в глубоководной акватории моря еще и термохалинная структура вод. Отмечено, что в последние годы наблюдается увеличение интенсивности свечения гидробионтов в позднеосенний период при уменьшении интенсивности свечения в зимний период, то есть происходит смещение зимнего максимума интенсивности свечения гидробионтов на более ранние сроки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Результаты мониторинга гидрохимической структуры Севастопольской бухты в тёплый период года / Н.С. Геворгиз [и др.] // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.

Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. — 2002. — Вып. 1(6). — С. 139–156.

2. Долотов В.В. Внутригодовые (сезонные) изменения общего содержания биогенных элементов и кислорода в различных районах Севастопольской бухты / В.В. Долотов, С.И. Кондратьев, С.В. Ляшенко // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. — Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. — 2005. — Вып. 12. — С. 167–176.

3. Влияние океанографических факторов на экосистему полузакмкнутой антропогенно нагруженной Севастопольской бухты / Л.Н. Репетин [и др.] // Морской гидрофизический журнал. — 2003. — Т 2. — С. 66–80.

4. Билюминесценция в океане / И.И. Гительзон [и др.] СПб.: Гидрометеиздат, 1992. — 283 с.

5. Евстигнеев П.В. Спонтанная билюминесценция *Noctiluca scintillans* sur. (Dinophyta) / П.В.Евстигнеев, В.П.Евстигнеев // Альгология. — 2005. — Т. 15, № 3. — С. 271–279.

6. Видовое разнообразие планктонных билюминесцентных в Чёрном море и характеристики формируемого ими поля билюминесценции в неритической зоне Крыма / Ю.Н. Токарев [и др.] под ред. В.Н. Еремеев. — Севастополь: ЭКОСИ Гидрофизика. — 2003. — С. 121–151.

7. Битюков Э.П. Билюминесценция *Noctiluca miliaris* в разных температурных условиях / Э.П. Битюков // Биология моря. — 1971. — Т. 24. — С. 70–77.

8. Ward W.W. Properties of mnemiopsin and berovin, calciumactivated photoproteins from the ctenophores *Mnemiopsis* sp. and *Beroeovata* / W.W. Ward, H.H. Seliger // Biochemistry. — 1974, — Vol. 13. — P. 1500–1509.

9. Haddock S. H. D. Bioluminescence in the Sea / S. H. D. Haddock, M. A. Moline, J. F. Case // Annu. Rev. Marine Sci. — 2010. — Vol. 2. — P. 443–493.

10. Widder E. A. Bioluminescence in the ocean: Origins of biological, chemical and ecological diversity / E. A. Widder // Science. — 2010. — Vol. 328. — P. 704–708.

11. Мельникова Е.Б. Пространственная изменчивость вертикальной структуры интенсивности поля билюминесценции в прибрежных водах Крыма в весенний период / Е.Б. Мельникова // Биология внутренних вод журнал. — 2016. — № 2. С. 30–36. Doi: 10.7868/S0321059616020085.

12. Битюков Э.П. Годовые изменения интенсивности билюминесцентного поля в неритиче-

ской зоне Чёрного моря / Э.П. Битюков, В.П. Рыбасов, В.Г. Шайда // *Океанология*. — 1967. — Т. 7, №6. — С. 1089–1099.

13. Tokarev Yu. N. B. On the issue of Effect of Hydrophysical Parameters on Intensity of Bioluminescence Field in the Black Sea / Yu. N. Tokarev, Ye. B. Mel'nikova // *Hydrobiological Journal*. — 2012. — Vol 48, no 4. — P. 93–99.

14. Mel'nikova Ye. B. Regularities of Changes of the Bioluminescence Field in the Black Sea Coastal Waters / Ye. B. Mel'nikova, Yu. N Tokarev, N. V. Burmistrova // *Hydrobiological Journal*. — 2013. — Vol. 49, no 3. — P. 105–111.

15. Mel'nikova E.B. Factors affecting change in bioluminescence field intensity at night / E.B. Mel'nikova, N.V. Lyamina // *Inland Water Biology*. — 2014. — Vol. 7, no. 4. — P. 307–312. doi: 10.1134/S1995082914040105

16. Mel'nikova Ye. B. Vertical Distribution of Bioluminescence Field Intensity in Water of the Black Sea in Autumn / Ye. B. Mel'nikova, N.V. Liamina // *Hydrobiological Journal*. — 2015. — Vol 51, no 4. — P. 3–11.

17. Черепанов О. А. Связь биолюминесценции с биомассой и численностью светящегося и всего планктона. 2. Черное море / О.А. Черепанов, Л.А. Левин, Р.Н. Утюшев // *Мор. экол. журн.* — 2007. — № 3. Т. VI. — С. 84–89.

18. Токарев Ю.Н. Новый гидробиофизический комплекс для экспрессной оценки состояния прибрежных экосистем / Ю.Н. Токарев, В.И. Василенко, В.Ф. Жук // *Современные методы и средства океанологических исследований: Материалы XI Международная научно-техническая конференция, «МСОИ-2009»*: в 3 ч. — М., 2009. — Ч.3. — С 23–27.

19. A multi-platform bathyphotometer for fine-scale, coastal bioluminescence research / C.M. Herren [et. al] // *Limnol Oceanogr Methods*. — 2005. — Vol 3. — P 247–262.

20. Брянцева Ю.В. Использование новых методик обработки данных по фитопланктону при проведении биофизического мониторинга / Ю.В. Брянцева, М.И. Лях, М.И. Силаков // *Рибне господарство України*. — 2009. — № 4(63). — С. 26–27.

21. Сеничева М. И. Годичные изменения фитопланктонного сообщества в районе Севастопольского океанариума / М.И. Сеничева // *Экология моря*. — 2000. — Вып. 53. — С. 15–19.

22. Сеничева М.И. Видовое разнообразие, сезонная и межгодовая изменчивость микроводорослей в планктоне у берегов Крыма / М.И. Сеничева под ред. Ю. Н. Токарев, З. З. Финенко, Н. В. Шадрин. — Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. — С. 5–17.

*ФГБУН Институт природно-технических систем*

*Мельникова Е. Б., старший научный сотрудник, к.б.н.*

*E-mail: helena\_melnikova@mail.ru*

*Тел.: +7 978 891-67-22*

*Institute of Natural and Technical Systems*

*Mel'nikova Ye. B., PhD (Biology), Senior Researcher*

*E-mail: helena\_melnikova@mail.ru*

*Ph.: +7 978 891-67-22*