УДК 551.463/.464(262.5)

DOI: 10.21072/eco.2024.09.4.06

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЛЯ БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В ПРИБРЕЖЬЕ СЕВАСТОПОЛЯ В 2011 г. *

Мельник Л. А., Жук В. Ф.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,

г. Севастополь, Российская Федерация,

e-mail: melnikla@ibss-ras.ru, zhukvf@ibss-ras.ru

Аннотация: Представлены результаты анализа сезонной динамики поля биолюминесценции (ПБ) на фоне изменчивости температуры, солёности и ветрового режима за 2011 г. по данным биофизического мониторинга, проведённого в районе Севастополя. Работы выполнялись на двух станциях внутри Севастопольской бухты и на одной станции на траверзе бухты Круглая. В основе мониторинга лежат инструментальные измерения *in situ* в реальном масштабе времени амплитудно-частотных параметров биолюминесценции, а также выяснение их пространственной сопряжённости с биологическими и гидрофизическими характеристиками водных масс.

Ключевые слова: поле биолюминесценции, мониторинг, солёность, температура, Чёрное море

Введение

Биолюминесценция, кинетические закономерности которой тесно связаны с кинетикой и механизмом порождающих её химических реакций и процессов метаболизма, — существенный элемент функционирования пелагических сообществ [Биолюминесценция в океане, 1992; Токарев, 2006]. Это связано с важнейшей экологической ролью света в жизни гидробионтов, в том числе в формировании их пространственной неоднородности [Yentsch, Plinney, 1989]. Для анализа сезонной изменчивости интенсивности ПБ использованы материалы ежемесячных измерений 2011 г. Работы проводились на трёх станциях в районе Севастополя (рис. 1) в тёмное время суток, через 2 ч после наступления темноты. Акватория на траверзе б. Круглая относительно глубоководная ($h \geq 60$ м) (ст. № 1), имеет водообмен с открытой частью моря, характеризуется достаточно устойчивой стратификацией водной толщи, определяющей вертикальную структуру температуры и солёности. Две другие станции находятся в акватории Севастопольской бухты. Севастопольская бухта относится к водоёмам эстуарного типа, водообмен с открытым морем ограничен. 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 [Миньковская и др., 2005; Овсяный и др., 2001; Репетин, Белокопытов, Липченко, 2003]. В зависимости от величины стока реки, воздействие пресных вод распространяется на акваторию бухты в различной степени, что существенно влияет на экологические условия региона.

Интенсивность ПБ, а также температура и солёность регистрировались с помощью зондирующего комплекса «Сальпа-М», методика работы с которым подробно описана ранее [Токарев, Василенко, Жук, 2009]. В результате обработки сигналов датчиков получали профили биолюминесценции, температуры, солёности, а также рассчитанной по этим параметрам условной плотности воды. Все полученные по результатам зондирований данные обрабатывались и вносились в общую электронную базу [Мельников и др., 2018].

*Проведённые исследования были частично выполнены в Центре коллективного пользования «НИС Профессор Водяницкий» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН» в рамках выполнения гос. задания ФИЦ ИнБЮМ № 124030400057-4 (FNNZ-2024-0031) «Трансформация структуры и функций экосистем морской пелагиали в условиях антропогенного воздействия и изменения климата».

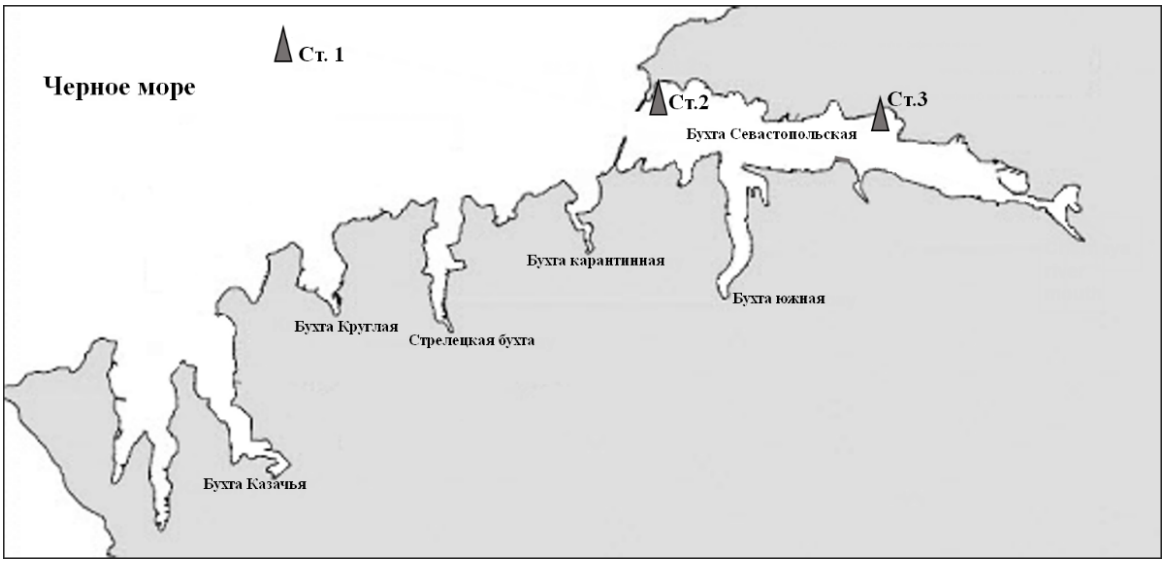

Рис. 1. Карта расположения станций

Материалы и методы исследований

Среди существующих методов измерения сигналов биолюминесценции в пелагиали (буксировка фотометров, вывешивание их на заданном горизонте, установка с помощью специальных ферм на дне и т. д.) в последние годы наиболее перспективным и точным признаётся метод зондирования водной толщи [Токарев, 2006]. Суть этого метода состоит в том, что планктонные биолюминесценты, вносящие основной вклад в формирование биолюминесцентного потенциала пелагиали, высвечиваются, как правило, только при раздражении. Поэтому движущийся с постоянной скоростью батифотометр создаёт стандартный уровень механического возбуждения биолюминесцентов, что позволяет корректно сравнивать результаты измерений вертикальной структуры ПБ, выполняемых в разных регионах и при различных условиях.

Учитывая малые глубины (10–12 м) на станциях этого региона, мы применяли метод многократного зондирования от поверхности до дна с использованием комплекса «Сальпа-М» [Токарев, Василенко, Жук, 2009]. Комплекс позволяет проводить одновременные измерения биолюминесцентного потенциала исследуемого слоя пелагиали, температуры, гидростатического давления, мутности и фотосинтетически активной радиации. Для уменьшения влияния солнечного света четыре ряда зачернённых импеллеров, состоящие из двух групп рядов взаимно перпендикулярных углов атаки, образуют подвижную светоловушку, это обеспечивает при минимальном сопротивлении набегающему потоку водной среды ослабление световой энергии в $2 \cdot 10^7$ раз. Вес прибора не превышает 15 кг, он рассчитан на автономное электропитание 24 Вт. Дискретность измерений характеристик этим комплексом при зондировании «вниз» со скоростью 1,2 $м \cdot с^{-1}$ составляла 0,25 м. Программным обеспечением она интегрировалась до 1 м. При используемой методике очередные профили выполняли через 3 минуты. В результате обработки сигналов датчиков получали профили биолюминесценции, температуры, солёности, а также рассчитанной по этим параметрам условной плотности воды.

Работы выполнялись в ночное время суток, соответствующее максимальному уровню развития ПБ. При работах с борта фелюги, как правило, выполняли не менее двух зондирований на каждой станции приборным комплексом «Сальпа-М». При работах с борта НИС «Профессор Водяницкий» и других научных судов (во время экспедиций) осуществлялись многократные зондирования (от 10 до 30).

Результаты и обсуждение

Характеристика района исследований в 2011 г. Юго-западная часть Крыма является районом с интенсивной штормовой деятельностью. Среднемноголетние значения скорости ветра на гидрометеорологической станции Херсонесский маяк составляют 5,5 м/с. По отношению к другим районам Чёрного моря он уступает только районам о. Змеиный (6,7 м/с) и устья Дуная (Сулина, 7,4 м/с) [Справочник по климату … , 1974; Гидрометеорология и гидрохимия … , 1991].

Для исследования ветро-волнового режима использованы ряды срочных наблюдений на морской гидрометеорологической станции Херсонесский маяк. Основные направления ветра над юго-западной частью Крыма, как и над всем Чёрным морем, определяются распределением атмосферного давления в различные сезоны. В холодное время года под влиянием циклонической области над Средиземным и Чёрным морями в западной части Чёрного моря и, соответственно, в Севастопольском регионе преобладает перенос континентального полярного воздуха, сопровождающийся северо-восточными, северными и северо-западными ветрами. Летом в западной части моря влияние Азорского максимума вызывает западные, юго-западные и южные ветры (рис. 2) [Справочник по климату … , 1974].

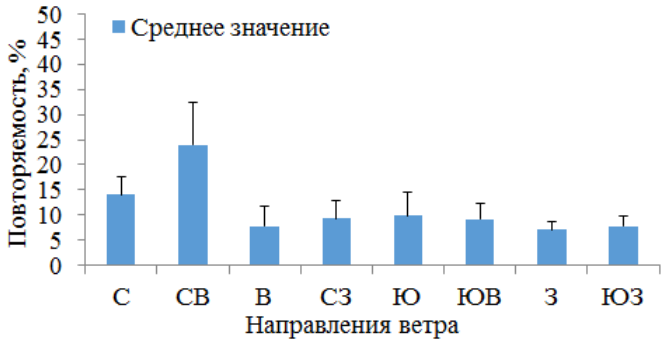

Рис. 2. Средние значения повторяемости ветров разных направлений в течение 2011 г. на метеостанции Херсонесский маяк. Тонкие вертикальные линии +σ

В летний период на ветровой режим большое влияние оказывает море, формирующее в прибрежной зоне бризовую циркуляцию, в результате которой днём ветры дуют с более прохладной поверхности моря на сильно прогретый берег, а ночью — с берега в море [Репетин, Белокопытов, Липченко, 2003]. Основные направления ветра над юго-западной частью Крыма, как и над всем Чёрным морем, определяются распределением атмосферного давления в различные сезоны. Максимальную повторяемость в районе мыса Херсонес имеют ветры северных (23–29 %) и южных (19–31 %) румбов, причём этим направлениям соответствует наибольшая повторяемость сильных ветров (рис. 3). В соответствии с особенностями режима ветра, максимальная интенсивность штормового волнения приходится также на холодный период года — с ноября по март. При этом высота волн может достигать в районе м. Херсонес 6–7 м и более [Репетин, Белокопытов, Липченко, 2003].

В Чёрном море, в частности в районе Крыма, выделяются своими разрушительными последствиями осенние циклоны (рис. 4). Их особенность состоит в том, что они проходят над бассейном в период осеннего похолодания, когда некоторое время сохраняется относительно высокая температура воды. Скорость ветра, как и в других районах, имеет выраженный годовой ход с максимумом в холодный период и минимумом в тёплый. Сезон с наибольшей повторяемостью штормовых ветров (> 7 м/с) соответствует холодному периоду года с ноября по март.

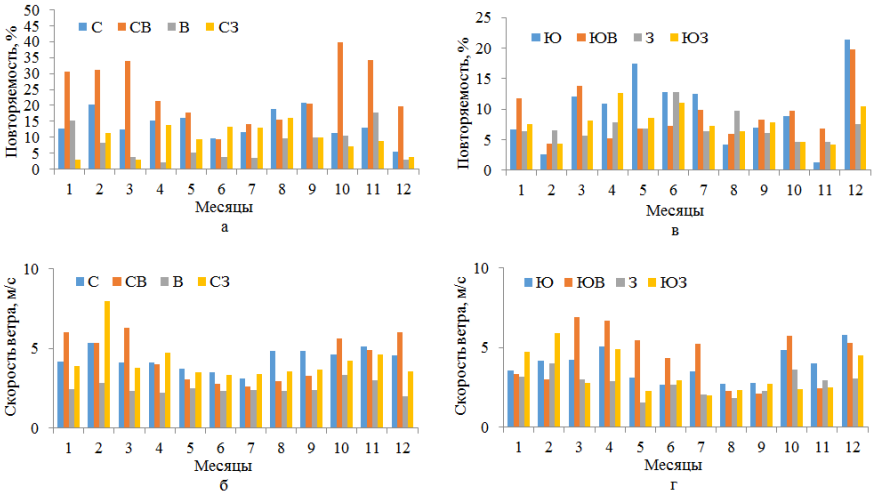

Рис. 3. Внутригодовая изменчивость повторяемости ветров (а, в) и скорости ветра (б, г) соответствующих направлений на станции Херсонесский маяк, 2011 г.

Штормовые ветры со скоростью более 10 м/с бывают в любое время года. Во все сезоны года и в любой части побережья бывают дни и периоды полного безветрия (штили). За последние 50 лет максимальное число таких случаев отмечено в мае, а также в летние месяцы. Однако в бухтах случаев полного штиля в 1,5–2 раза больше, чем в районе м. Херсонес, причём в бухтах периоды безветрия продолжительны не только в тёплый сезон, но и в зимние месяцы [Репетин, Белокопытов, Липченко, 2003].

В 2011 г. на станции Херсонесский маяк за период с июня по ноябрь зафиксировано выпадение большого количества осадков. Общая сумма выпавших за эти месяцы осадков в окрестностях станции Херсонесский маяк составила 149 мм и приблизилась к историческому максимуму.

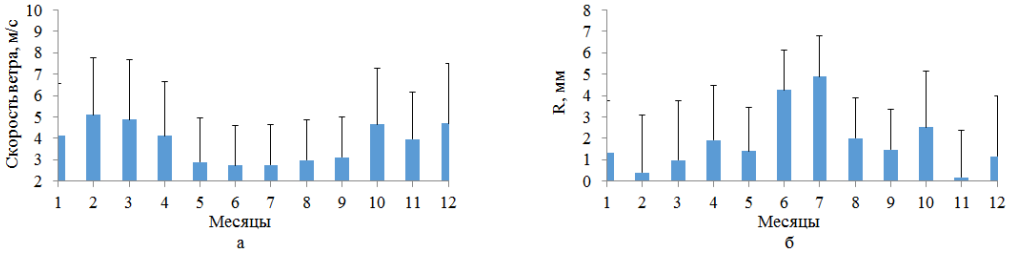

Рис. 4. Внутригодовая изменчивость скорости ветра (а) и осадков (б) на станции Херсонесский маяк, 2011 г.

На графиках, представленных на рисунке 5, отражена временная изменчивость вертикальных профилей температуры, солёности, мутности и биолюминесценции. В период сильных осадков резкое увеличение стоков привело к распреснению, которое было достаточно сильным и достигло значений 17,2–17,5 ‰.

Станция № 1. Находится на траверзе б. Круглая (глубина около 60 м) (рис. 1). Зимний период характеризовался среднемесячными температурами, близкими к 9,0 °С (рис. 6a) и солёностью 18,01 ‰ (рис. 6b). В интенсивность ПБ в этот период существенный вклад вносили холодолюбивые виды фитопланктона: *Neoceratium furca, N. fusus, N. tripos, Protoperidinium divergens, P. pallidum, P. steinii, P. crassipes,* которые превалируют в открытом море [Битюков, Рыбасов, Шайда, 1967; Сеничева, 2000; Токарев, 2006; Черепанов, Левин, Утюшев, 2007]. Наибольшая интенсивность биолюминесценции в этот период (первый годовой пик) наблюдалась в январе (рис. 6c).

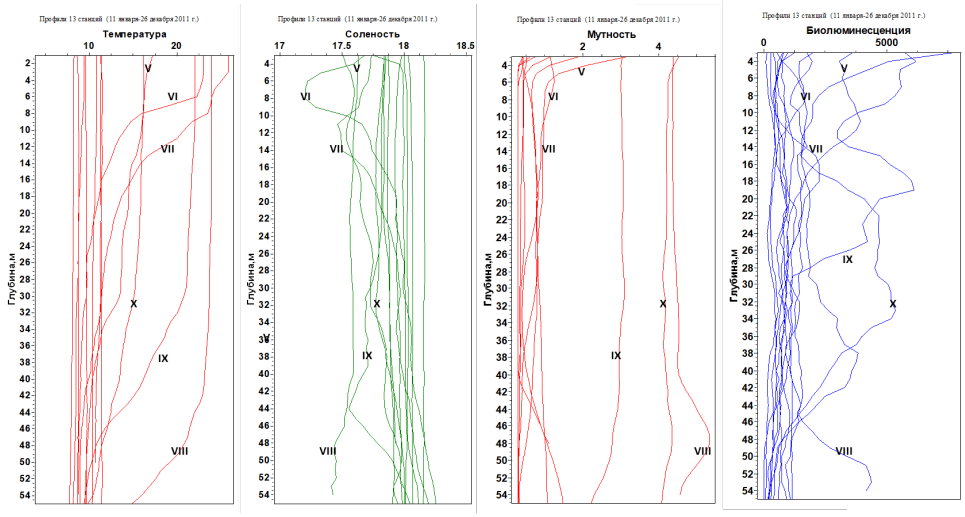

Рис. 5. Вертикальная изменчивость профилей температуры (°С), солёности (‰), мутности (ЕМС) и биолюминесценции (10^{-12} Вт·см$^{-2}$л$^{-1}$) на станции № 1 в 2011 г. (римскими цифрами отмечены месяцы)

В весенний период в глубоководной акватории начинается перестройка вертикальной стратификации вод за счёт начала прогрева водной толщи. По сравнению с зимним периодом температура воды повышается до 13,0 °С (рис. 6a), а солёность немного снижается — до 17,82 ‰ (рис. 6b). В этот период в открытом море происходит массовое развитие мелкоклеточных светящихся водорослей. Происходит увеличение численности и биомассы теплолюбивых светящихся видов динофлагеллят: *Gonyaulax apiculata, G. digitale, Scrippsiella trochoidea и Protoperidinium depressum, P. granii, P. pentagonum, P. diabolus* [Токарев, 2006; Черепанов, Левин, Утюшев, 2007]. В этот период средняя интенсивность биолюминесценции возрастает в 1,3 раза по сравнению с зимним периодом [Мельникова, 2017]. Второй годовой пик интенсивности свечения организмов наблюдался в мае (рис. 6c).

В летний период пики биолюминесценции регистрируются в термоклине, поскольку для большинства видов светящегося планктона оптимальная температура близка к 14,0–20,0 °С [Токарев, 2006].

В осенний период эта станция часто попадает в широкую полосу мутных вод прибрежной зоны. В это время наблюдается устойчивая стратификация вод [Иванов и др., 2003; Репетин, Белокопытов, Липченко, 2003]. В глубоководной открытой акватории моря ещё сохраняется тёплая устойчивая погода со слабыми ветрами и небольшими волнениями. В этот период начинается осеннее интенсивное развитие светящихся микроводорослей: *Neoceratium inflatum*, *Gonyaulax digitale*, G. *polygramma, G. spinifera*, *Lingulodinium poliedrum*, *Protoperidinium claudicans*, *P. conicum, P. globulus, P. oceanicum, P. pellucidum, P. sinaicum, P. solidicorne* [Melnikova, Liamina, 2015; Брянцева и др., 2016; Мельникова, 2017]. При средней температуре 16,0 °С на ст. 1 в 2011 г. интенсивность свечения увеличилась в среднем в 2 раза по сравнению с летним периодом (рис. 6c). Массовое осеннее развитие светящихся гидробионтов привело к тому, что осенний пик свечения наблюдался в октябре и в 1,5 раза превосходил весенний (май).

Станция № 2. Находится на входе в Севастопольскую бухту (глубина около 14 м). Характеризуется интенсивным водообменном с открытым морем и водами бухты. В зимний период в Севастопольской бухте в 2011 г. среднемесячные температуры и солёность были ниже, чем в глубоководной акватории (8,0 °С и 17,80 ‰ соответственно (рис. 7a и 7b)). Наибольшая интенсивность биолюминесценции в этот период (первый годовой пик) наблюдалась в конце января — начале февраля (рис. 7c).

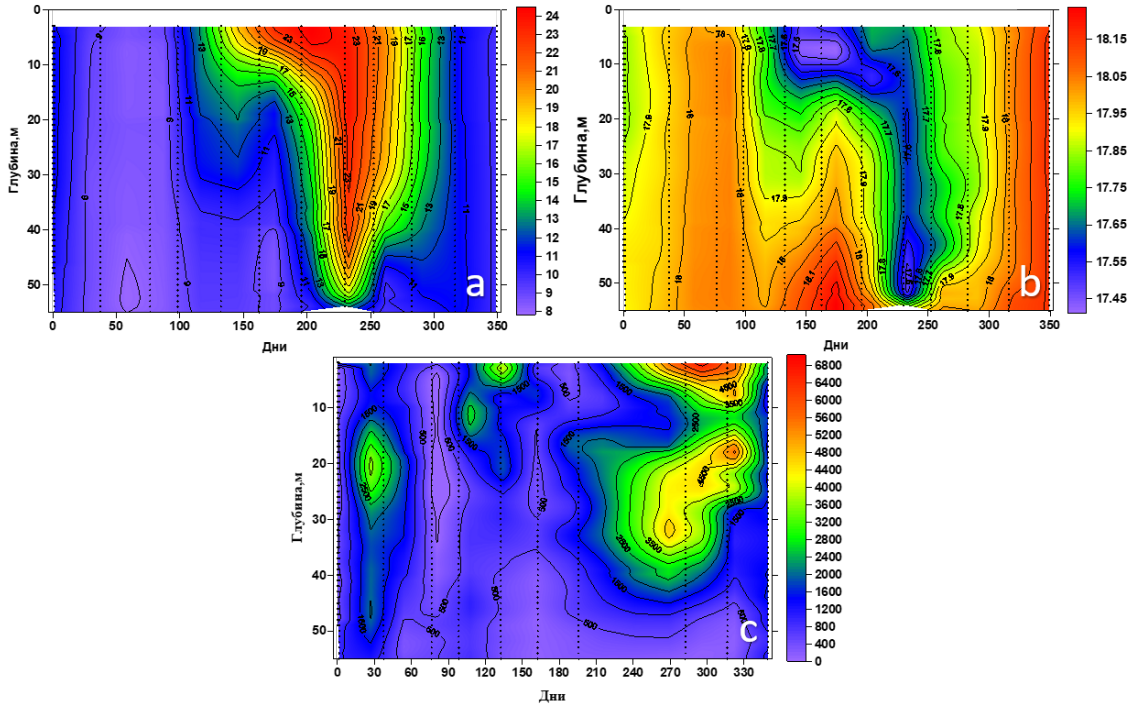

Рис. 6. Сезонный ход изменения температуры (°C) воды (a), солёности (‰) (b) и биолюминесценции (10^{-12} Вт·см$^{-2}$л$^{-1}$) (c) на станции № 1 в 2011 г. в слое 0–55 м

В весенний период в Севастопольской бухте за счёт её мелководья прогрев по всей толще воды происходил быстрее, чем в глубоководном районе (рис. 7a). Интенсивное весеннее развитие светящихся гидробионтов в 2011 г. в Севастопольской бухте привело к повышению интенсивности свечения организмов в этот период почти в 4 раза по сравнению с зимним периодом (рис. 7c).

В летний период в Севастопольской бухте происходил интенсивный прогрев всего слоя воды до дна. Отсутствие температурной стратификации вод, повышение температуры выше 20,0 °C (рис. 7a) и понижение солёности до 17,55 ‰ (рис. 7b) за счёт стоков реки Чёрная привели к снижению интенсивности свечения организмов, по сравнению с весенним периодом, в 3 раза (рис. 7c), хотя и наблюдалось в этот период развитие мелкоклеточных весенне-летних теплолюбивых видов (*G. apiculata,G. polygramma, L. poliedrum, S. trochoidea, P. claudicans, P. conicum, P. globulus, P. pellucidum, P. solidicorne)* [Брянцева и др., 2016; Мельникова, 2017].

В начале осеннего периода в Севастопольской бухте температура воды снизилась всего на 2,0 °C (рис. 7a), а солёность увеличилась на 0,23 ‰ (рис. 7b) по сравнению с летним периодом, интенсивность свечения за счёт развития осенних видов увеличилась в 3,0–3,5 раза. В глубоководной акватории в позднеосенний период (ноябрь — декабрь) 2011 г. наблюдалось дальнейшее охлаждение водных масс. Температура снизилась до 10,5 °C, интенсивность свечения организмов уменьшилась в 3 раза по сравнению с раннеосенним периодом (рис. 7c).

Станция № 3. Станция № 3 находится в центре Севастопольской бухты (глубина около 15 м). Наиболее подвержена влиянию пресных вод реки Чёрная, сток которой может распространяться на всю акваторию бухты в различной степени, что влияет на экологические условия региона [Овсяный и др., 2001; Геворгиз и др., 2002; Иванов и др., 2003].

В зимний период в центральной части бухты наблюдалось однородное распределение температуры по всей глубине до 7 ℃ (рис. 8a) и солёности от 17,7 в верхнем до 17,85 ‰ в придонном слоях (рис. 8b). Наибольшая интенсивность биолюминесценции в этот период наблюдалась только в поверхностном слое (рис. 8c).

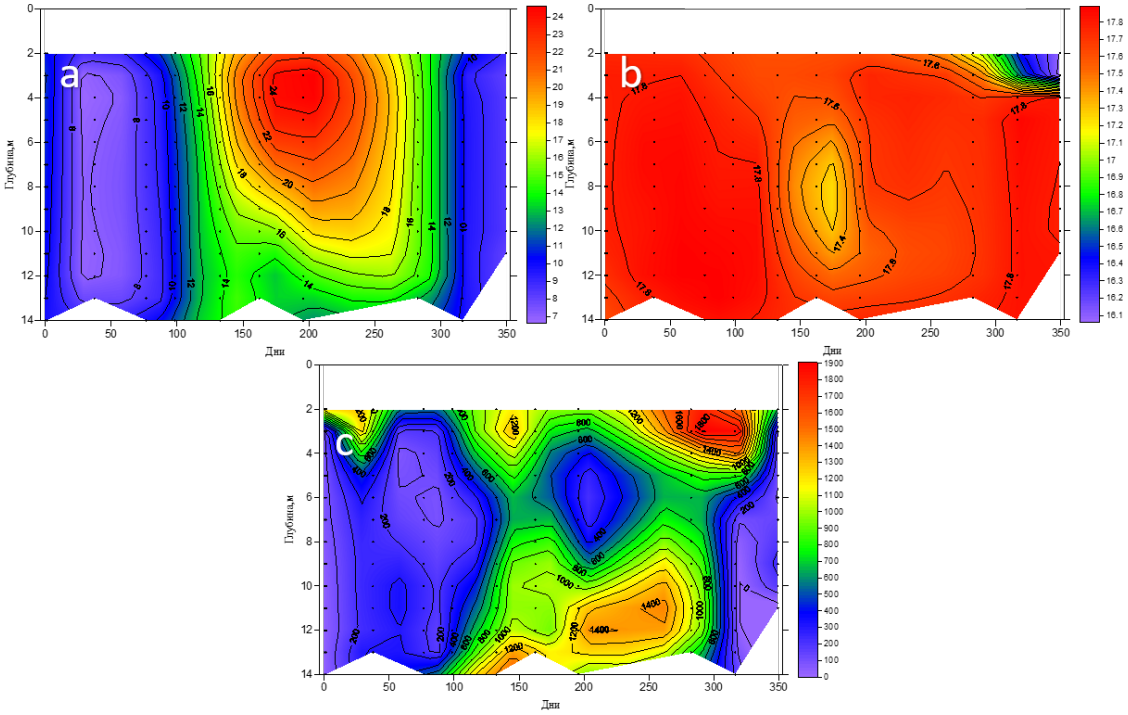

Рис. 7. Сезонный ход изменения температуры (°С) воды (a), солёности (‰) (b) и биолюминесценции (10^{-12} Вт·см$^{-2}$л$^{-1}$) (c) на станции № 2 в 2011 г. в слое 0–14 м

В весенний период прогрев по всей толще воды проходит интенсивнее — до 14 °С в поверхностном слое (рис. 8a). Средняя температура в Севастопольской бухте на 2,2 °С выше, чем в открытой части моря. Солёность в среднем составляла 17,8 ‰, что на 0,4 ‰ меньше, чем на ст. 1. При нарастании поступления пресных вод в весенний период происходит ускоренное распреснение бухты, при этом средняя солёность уменьшается до 17,6 ‰ (рис. 8b). В поверхностном слое на ст. 3 интенсивность биолюминесценции в мае возрастает так же значительно (рис. 8c), как и на ст. 2.

В летний период, с июня по август, наблюдалось типично летнее вертикальное распределение температуры. Интенсивный прогрев всей толщи воды (средняя температура 22,0 °С (рис. 8a), солёность 17,7 ‰ (рис. 8b)) привёл к тому, что слой температурного скачка отсутствовал. Интенсивность поля биолюминесценции во всём слое постепенно возрастала, достигнув к августу максимальных значений (рис. 8c).

В осенний период, в октябре — ноябре, на станции 3 наблюдалось уже практически однородное распределение температуры по вертикали с постепенным её снижением к ноябрю до 12 °С (рис. 8a). Солёность во всей толще воды составляла 17,9 ‰ (рис. 8b). Наибольшие значения интенсивности поля биолюминесценции регистрировались в этот период в поверхностном слое. Максимальная интенсивность поля биолюминесценции наблюдалась в октябре, и к ноябрю она уменьшилась почти в 1,5 раза (рис. 8c).

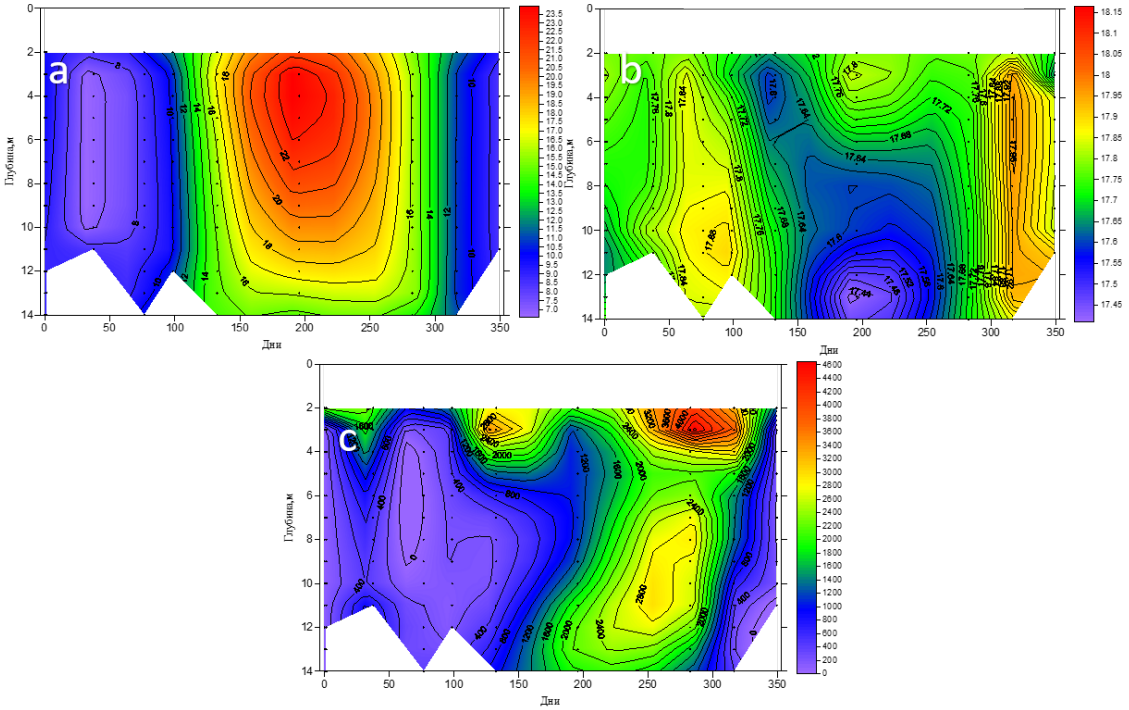

Рис. 8. Сезонный ход изменения температуры (°С) воды (a), солёности (‰) (b) и биолюминесценции (10^{-12} Вт·см$^{-2}$л$^{-1}$) (c) на станции № 3 в 2011 г. в слое 0–14 м

Выводы

Для анализа сезонной изменчивости интенсивности ПБ использованы материалы ежемесячных измерений 2011 г. В ходе исследования сезонной изменчивости прибрежной биолюминесценции было выявлено достоверное увеличение светимости вод в летне-осеннее время. Увеличение интенсивности поля биолюминесценции в исследованных водах в феврале — марте было обусловлено, по всей вероятности, улучшением снабжения биогенными элементами поверхностных вод и значительным повышением содержания усвояемого органического вещества. Для исследования ветро-волнового режима использованы ряды срочных наблюдений на морской гидрометеорологической станции Херсонесский маяк. Основные направления ветра над юго-западной частью Крыма, как и над всем Чёрным морем, определяются распределением атмосферного давления в различные сезоны. В холодное время года под влиянием циклонической области над Средиземным и Чёрным морями в западной части Чёрного моря и, соответственно, в Севастопольском регионе преобладает перенос континентального полярного воздуха, сопровождающийся северо-восточными, северными и северо-западными ветрами. Летом в западной части моря влияние Азорского максимума вызывает западные, юго-западные и южные ветра. По результатам проведённых исследований было установлено, что ветровой режим в шельфовой зоне Севастополя не оказывал значимого влияния на развитие ПБ. В основном межгодовые колебания сезонной динамики ПБ определяются изменением температурного режима моря, который влияет на развитие светящихся гидробионтов.

Список литературы

1. *Битюков Э. П., Рыбасов В. П., Шайда В. Г.* Годовые изменения интенсивности биолюминесцентного поля в неритической зоне Чёрного моря // Океанология. – 1967. – Т. 7, № 6. – С. 1089–1099.
2. *Брянцева Ю. В., Крахмальный А. Ф., Великова В. Н., Сергеева А. В.* Динофлагелляты прибрежья г. Севастополя (Черное море, Крым) // Альгология. – 2016. – Т. 26, № 1. – С. 74–89. – https://doi.org/10.15407/alg26.01.074
3. *Геворгиз Н. С., Кондратьев С. И., Ляшенко С. В. Овсяный Е. И., Романов А. С.* Результаты мониторинга гидрохимической структуры Севастопольской бухты в тёплый период года // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа / НАН Украины, Мор. гидрофиз. ин-т. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2002. – Вып. 1. – С. 139–156.
4. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 4. Черное море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия / Гос. океаногр. ин-т ; под ред. А. И. Симонова, Э. Н. Альтмана. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1991. – 429 с.
5. Биолюминесценция в океане / И. И. Гительзон, Л. А. Левин, Р. Н. Утюшев [и др.]. – Санкт-Петербург : Гидрометеоиздат, 1992. – 283 с.
6. *Иванов В. А., Михайлова Э. Н., Репетин Л. Н., Шапиро Н. Б.* Модель Севастопольской бухты. Воспроизведение вертикальной структуры полей температуры и солености в 1997–1999 годах // Морской гидрофизический журнал. – 2003. – № 4. – С. 15–35. – EDN: VUAMGA
7. *Мельников В. В., Мельник А. В., Мельник Л. А., Белогурова Ю. Б., Жук В. Ф.* Историческая база данных по морской биолюминесценции // Системы контроля окружающей среды. – 2018. – Вып. 12. – С. 44–51. – EDN: XZTFFJ
8. *Мельникова Е. Б.* Сезонная изменчивость интенсивности свечения гидробионтов на юго-западном шельфе Крыма // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер.: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2017. – Т. 25, № 1. – С. 36–49. – https://doi.org/10.22363/2313-2310-2017-25-1-36-49
9. *Миньковская Р. Я., Ильин Ю. П., Хоролич Н. Г., Мишина Л. А.* Роль устьевых областей крупных рек Украины в поступлении биогенных веществ в Чёрное море // Современное состояние экосистем Чёрного и Азовского морей : тез. докл. междунар. науч. конф. (Крым, Донузлав, 13–16 сент. 2005 г.) / НАН Украины, Мор. гидрофиз. ин-т, Таврич. нац. ун-т. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2005. – С. 52–53.
10. *Овсяный Е. И., Романов А. С., Миньковская Р. Я., Красновид И. И., Озюменко Б. А., Цымбал И. М.* Основные источники загрязнения морской среды Севастопольского региона // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа / НАН Украины, Мор. гидрофиз. ин-т. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2001. – Вып. 2. – С. 138–152. – EDN: KQOLRV
11. *Репетин Л. Н., Белокопытов В. Н., Липченко М. М.* Ветры и волнение в прибрежной зоне юго-западной части Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа / НАН Украины, Мор. гидрофиз. ин-т. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2003. – Вып. 9. – С. 13–28. – EDN: ZREIKZ
12. *Сеничева М. И.* Годичные изменения фитопланктонного сообщества в районе Севастопольского океанариума // Экология моря / НАН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2000. – Вып. 53. – С. 15–19. – EDN: WIAETB

13. Справочник по климату Черного моря / под ред. А. И. Соркиной. – Москва : Гидрометеоиздат, 1974. – 405 с.
14. *Токарев Ю. Н.* Основы биофизической экологии гидробионтов. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2006. – 342 с. – URL: https://repository.marine-research.ru/handle/299011/9076
15. *Токарев Ю. Н., Василенко В. И., Жук В. Ф.* Новый гидробиофизический комплекс для экспрессной оценки состояния прибрежных экосистем // Современные методы и средства океанологических исследований : XI Междунар. науч.-техн. конф., Москва, 25–27 нояб. 2009 г. / Рос акад. наук, Рос. фонд фундамент. исслед. [и др.]. – Москва : Изд-во РАН, 2009. – Ч. 3. – С. 23–27.
16. *Черепанов О. А., Левин Л. А., Утюшев Р. Н.* Связь биолюминесценции с биомассой и численностью светящегося и всего планктона. 2. Черное море // Морской экологический журнал. – 2007. – Т. 6, № 3. – С. 84–89. – EDN: UIQKGJ
17. *Melnikova Ye. B., Liamina N. V.* Vertical distribution of biolumunescence field intensity in water of the Black Sea in autumn // Hydrobiological Journal. – 2015. – Vol. 51, iss. 4. – P. 3–11. – https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v51.i4.10
18. *Yentsch C. S., Plinney D. A.* A bridge between ocean optics and microbial ecology // Limnology and Oceanography. – 1989. – Vol. 34, iss. 8. – P. 1694–1705.

THE RESULTS OF STUDIES OF THE BIOLUMINESCENCE FIELD IN THE COAST OF SEVASTOPOL IN 2011

Melnik L. A., Zhuk V. F.

A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation, e-mail: melnikla@ibss-ras.ru

Abstract: The results of the analysis of the seasonal dynamics of the bioluminescence field (BF) against the background of temperature, salinity and wind regime variability in 2011 according to biophysical monitoring conducted in the Sevastopol region are presented. The work was carried out at two stations inside Sevastopol Bay and at one station on the beam of Kruglaya Bay. The monitoring is based on instrumental measurements in situ in real time of the amplitude-frequency parameters of bioluminescence, as well as the determination of their spatial correlation with the biological and hydrophysical characteristics of water masses.
Keywords: bioluminescence field, monitoring, salinity, temperature, Black Sea

Сведения об авторах

Мельник Лидия Александровна	младший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, melnikla@ibss-ras.ru
Жук Владимир Фёдорович	научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, zhukvf@ibss-ras.ru

Поступила в редакцию 29.01.2025 г.
Принята к публикации 13.02.2025 г.