



УДК 591.148:574.52(262.54)

РОЛЬ АБИОТИЧЕСКИХ И БИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ФОРМИРОВАНИИ СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОЛЯ БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ АЗОВСКОГО МОРЯ

© 2018 г. А. В. Мельник, Ю. Н. Токарев, Ю. Б. Белогурова,
Е. Ю. Георгиева, В. Ф. Жук, М. И. Силаков

Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

E-mail: melnikalexsand@gmail.com

Поступила в редакцию 20.11.2017; после доработки 15.03.2018;
принята к публикации 27.04.2018; опубликована онлайн 29.06.2018.

Впервые на четырёх гидрографических станциях в Азовском море проведена съёмка полей биолюминесценции, значений температуры и электропроводности и выполнен анализ видового состава микропланктона. В период дневных измерений получены также вертикальные профили фотосинтетически активной радиации. Практически на всех станциях параллельно измерениям поля биолюминесценции осуществлён отбор проб микропланктона сетями Джеди и батометрами для последующего анализа его видового состава и количественного распределения. Исследования проведены в зимний, весенний и летний периоды на унифицированной сетке станций. Зарегистрирована выраженная сезонная изменчивость интегральных величин поля биолюминесценции и его вертикальной структурированности в Азовском море. Минимальные величины интенсивности поля биолюминесценции в Азовском море ($6,05 \cdot 10^{-12}$ Вт·см⁻²·л⁻¹ на глубине 4 м) зафиксированы в зимний период. Основной причиной этого является низкая (0,5–1,5 °С) температура воды в конце января — начале февраля, обусловившая малочисленность светящихся планктонтов. С началом весеннего прогрева вод (температура воды 12,5 °С) интенсифицируется развитие одноклеточного планктона и наблюдается повышение интенсивности биолюминесценции в придонном слое до $34,8 \cdot 10^{-12}$ Вт·см⁻²·л⁻¹. В летний период зафиксированы максимальные величины интенсивности биолюминесценции (до $634,4 \cdot 10^{-12}$ Вт·см⁻²·л⁻¹) при температуре воды в среднем 27,5 °С и максимальной численности и биомассе светящейся фракции фитопланктона. Полученные результаты указывают на корреляцию биолюминесценции и численности планктонных организмов и позволяют рекомендовать этот оптический метод для мониторинга продукционных районов Азовского моря.

Ключевые слова: пелагиаль, фотический слой, фитопланктон, биолюминесценция, вертикальная структура

Биолюминесценция является существенным элементом функционирования пелагических сообществ; её кинетические закономерности тесно связаны с процессами метаболизма и химическими реакциями организмов [3, 5]. Это обусловлено важнейшей экологической ролью света в жизни гидробионтов, в т. ч. в формировании их пространственной неоднородности [9]. Важнейшей энергетической характеристикой поля биолюминесценции (далее — ПБ) является биолюминесцентный потенциал — усреднённый по времени измерения и отнесённый к единице просмотренного объёма лучистый поток, излучаемый организмами, находящимися в объёме, в котором обеспечивается возбуждение их световой энергии:

$$B(p) = \int_0^t B(t)dt, \quad (1)$$

где $B(p)$ — биолюминесцентный потенциал 1-метрового слоя;

t — время нахождения батифотометра в этом слое;

$B(t)$ — интенсивность высвечивания единичного биолюминесцента в темновой камере батифотометра.

Инструментальная оценка интенсивности широко распространённого в Мировом океане ПБ, тесно коррелирующего со структурно-функциональными показателями формирующего его планктона, применяется для выяснения пространственно-временной изменчивости планктонного сообщества на различных масштабах, а также для оперативной оценки его функционального состояния [5, 10].

К сожалению, несмотря на довольно значительный интерес и большую историю исследований ряда абиотических и биологических характеристик Азовского моря [4], данные по параметрам ПБ, тем более по его сезонной вариабельности в Азовском море, до настоящего времени практически отсутствуют [5]. Цель данной работы — проведение по сути пионерских исследований вертикальной структуры и амплитудных параметров биолюминесценции в этом регионе, а также их сопряжённости с гидрологическим режимом и характеристиками фитопланктона на масштабах сезонной изменчивости.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

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 [3, 5]. Суть его состоит в том, что планктонные биолюминесцентные, вносящие основной вклад в формирование биолюминесцентного потенциала пелагиали, высвечиваются, как правило, только при раздражении. Именно поэтому движущийся с постоянной скоростью батифотометр создаёт стандартный уровень механического возбуждения биолюминесцентных, что позволяет корректно сравнивать результаты измерений вертикальной структуры ПБ, выполняемые в разных регионах и при различных условиях.



Рис. 1. Гидробиофизический зонд «Сальпа М»

Fig. 1. Hydrobiophysical complex 'Salpa-M'

Нами применялся метод многократного зондирования [3, 5] от поверхности до дна с учётом малых (10–12 м) глубин на станциях региона Азовского моря. Использовался комплекс «Сальпа-М» [6], позволяющий проводить одновременные измерения биолюминесцентного потенциала исследуемого слоя пелагиали, температуры, гидростатического давления, мутности и фотосинтетически активной радиации (ФАР) (рис. 1). Четыре ряда зачернённых импеллеров, состоящие из двух групп рядов взаимно перпендикулярных углов атаки, образуют подвижную светоловушку, что

уменьшает влияние солнечного света. Это обеспечивает при минимальном сопротивлении набегающему потоку водной среды ослабление световой энергии в 2×10^7 раз. Вес прибора не превышает 15 кг, он рассчитан на автономное электропитание 24 В. Дискретность измерений характеристик этим комплексом при зондировании «вниз» со скоростью $1,2 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ составляла 0,25 м. Программным обеспечением она интегрировалась до 1 м. Интервал времени между выполнением очередного профиля составлял три минуты. Методика сбора информации комплексом «Сальпа-М» подробно описана в [6]. В результате обработки сигналов датчиков получали профили биолюминесценции, температуры, солёности, а также рассчитанной по этим параметрам условной плотности воды.

Исследования проводили в зимний, весенний и летний периоды на унифицированной сетке станций (рис. 2). В разные сезоны на четырёх гидрографических станциях получено более 150 профилей интенсивности ПБ, а также значений температуры и электропроводности на горизонтах нахождения прибора. В период дневных измерений собирали также вертикальные профили ФАР.

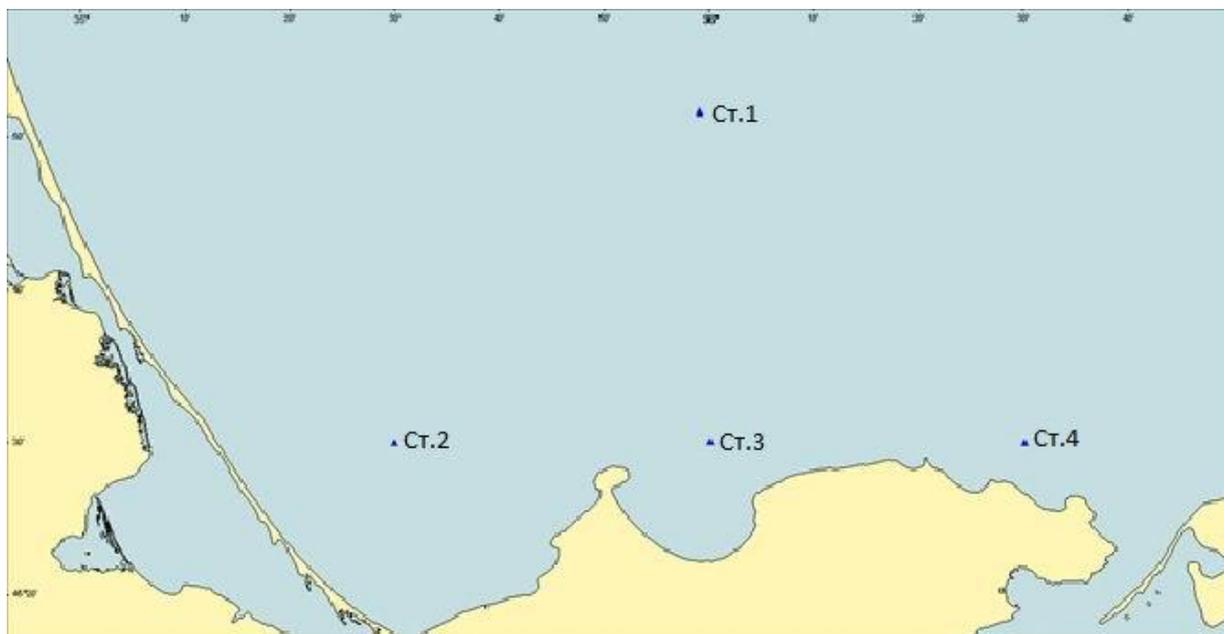


Рис. 2. Карта станций в Азовском море

Fig. 2. Map of stations in the Sea of Azov

Измерения биолюминесценции производили в дневное и ночное время. Известно, что интенсивность биолюминесценции планктонных организмов неодинакова в течение суток, при этом у фитопланктонных биолюминесцентных её изменение за счёт фотоингибирования может достигать двух порядков [7]. Поскольку около 90 % биолюминесцентного потенциала Азово-Черноморского бассейна продуцируется светящимися фитопланктонными организмами, для исключения влияния фотоингибирования нами вычислены коэффициенты суточной изменчивости интенсивности ПБ. Данные не ночных станций были приведены к ночному квазистационарному уровню.

Практически на всех станциях параллельно измерениям ПБ осуществляли отбор проб микропланктона сетями Джеди и 5-литровыми пластиковыми батометрами для последующего анализа его видового состава и количественного распределения. Пробы воды отбирали с приповерхностного горизонта (приблизительно 0,5–1,0 м), а также с горизонта, соответствующего максимуму биолюминесценции. Для обработки использовали традиционную методику обратной фильтрации, но в зависимости от размеров клеток подсчитывали их количество в камерах объёмом 0,1 мл (мелкие) и 0,37 мл (крупные и редкие, 1–3 порции).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные материалы по измеренным абиотическим (температура, солёность), биотическим (численный и видовой состав фитопланктона) и биофизическим (биолюминесценция) характеристикам пелагиали исследованных районов Азовского моря свидетельствуют о значительных колебаниях их количественных показателей в районах исследований в различные сезоны (табл. 1 и 2).

Из табл. 1 следует, что температурный режим Азовского моря характеризуется большой сезонной изменчивостью, свойственной неглубоким водоёмам. Минимальная температура отмечается зимой (январь — февраль), её значения близки к температуре замерзания. Лишь в южной части

Таблица 1. Средние значения биолюминесценции, температуры и солёности на станциях в Азовском море**Table 1.** Average values of bioluminescence, temperature and salinity at stations in the Sea of Azov

	Ст. 1. Глубина 12 м. 45°50.133'N, 36°00.613'E			Ст. 2. Глубина 9 м. 45°30.06'N, 35°30.51'E			Ст. 3. Глубина 10 м. 45°30.01'N, 36°00.16'E			Ст. 4. Глубина 11 м. 45°30.02'N, 36°30.51'E		
	Биолум., 10^{-12} Вт·см ⁻² ·л ⁻¹	Температура, °C	Солёность, ‰	Биолум., 10^{-12} Вт·см ⁻² ·л ⁻¹	Температура, °C	Солёность, ‰	Биолум., 10^{-12} Вт·см ⁻² ·л ⁻¹	Температура, °C	Солёность, ‰	Биолум., 10^{-12} Вт·см ⁻² ·л ⁻¹	Температура, °C	Солёность, ‰
Зима	2,90	1,14	13,91	4,62	0,50	13,90	4,82	1,17	13,72	3,49	1,35	13,74
Весна	15,64	12,59	13,87	–	–	–	7,43	13,81	13,57	7,99	13,11	13,75
Лето	143,8	28,48	13,53	202,94	27,43	13,46	499,9	27,56	13,66	70,59	27,08	13,65

Таблица 2. Биомасса суммарного фитопланктона и динофитовых водорослей на станциях в Азовском море**Table 2.** Total biomass of phytoplankton and dinoflagellates at stations in the Sea of Azov

Даты выполнения станции	№ станции	Биомасса суммарного фитопланктона, мг·м ⁻³	Биомасса динофитовых, мг·м ⁻³	% динофитовых от суммарного фитопланктона
31.01.2016 – 01.02.2016	16	876,8	0,0	0,0
	17	1516,3	4,9	0,3
	18	1109,0	17,2	1,5
	19	840,1	6,4	0,8
01.04.2017 – 02.04.2017	36	807,1	26,5	3,3
	37	1184,0	40,9	3,5
	38	635,2	5,5	0,9
	39	2136,1	10,5	0,5
24.04.2016	23	604,6	147,9	24,5
	24	12,5	2,1	16,7
	25	36,2	4,6	12,8
22.07.2017 – 23.07.2017	43	4228,9	2323,5	54,9
	44	3590,7	1835,8	51,1
	45	2169,3	720,3	33,2
	46	4559,0	801,7	17,6

моря у Керченского пролива температура воды на поверхности положительна. Летом почти по всему морю устанавливается довольно однородная поверхностная температура. Максимальные величины (до 28,5 °C) отмечаются в поверхностном слое воды в июле.

Изменчивость температуры по вертикали с глубиной обычно незначительна. Зимой в придонных слоях, где наблюдается максимальная плотность воды, температура составляет около 1,7 °C. Летом температура поверхностного слоя в открытой части моря достигает примерно 24–26 °C, а придонного — 20–22 °C (рис. 3). Весной и летом (март — август) поверхностная температура воды отличается от придонной примерно на 1 °C, и такое распределение температур сохраняется до первого значительного шторма.

Гидрохимические особенности Азовского моря формируются в первую очередь под влиянием обильного притока речных вод (до 12 % объёма воды) и затруднённого водообмена с Чёрным морем. Вся центральная часть моря однородна по солёности, которая здесь составляет 13,0–13,5 ‰, хотя имеются линзы более плотной воды с солёностью до 14,0 ‰. В прикерченском районе Азовского моря, куда поступает более солёная черноморская вода, показатель достигает 15,5 ‰. Весной и в начале лета, вследствие таяния льдов и большого притока речных вод, солёность понижается до 12,8 ‰ (рис. 4). В осенний и зимний периоды она практически одинакова от поверхности до дна.

Наблюдается достаточно выраженное соответствие количественного и качественного состава фитопланктона зарегистрированным значениям интенсивности биолюминесценции (табл. 1 и 2). При этом минимальные величины интенсивности ПБ в Азовском море зафиксированы в зимний период, когда их значение не превышало $6,05 \cdot 10^{-12}$ Вт·см⁻²·л⁻¹ на глубине 4 м. Основной причиной является, вероятно, низкая (0,5–1,5 °С) температура воды в это время года, что приводит практически к полному отсутствию фитопланктонных биолюминесцентных (табл. 2). В этот период в юго-западной части Азовского моря наблюдалось бурное развитие мелкоклеточной диатомовой водоросли *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, численность которой достигала 2160,2 млн кл. · м⁻³, а биомасса — 924,7 мг·м⁻³. В центральной части моря также зафиксировано массовое развитие этой водоросли, но наряду с доминированием других диатомовых — *Thalassiosira parva* Proshkina-Lavrenko, *Cyclotella caspia* Grunow и *Pseudosolenia calcaravis* (Schultze) Sundström.

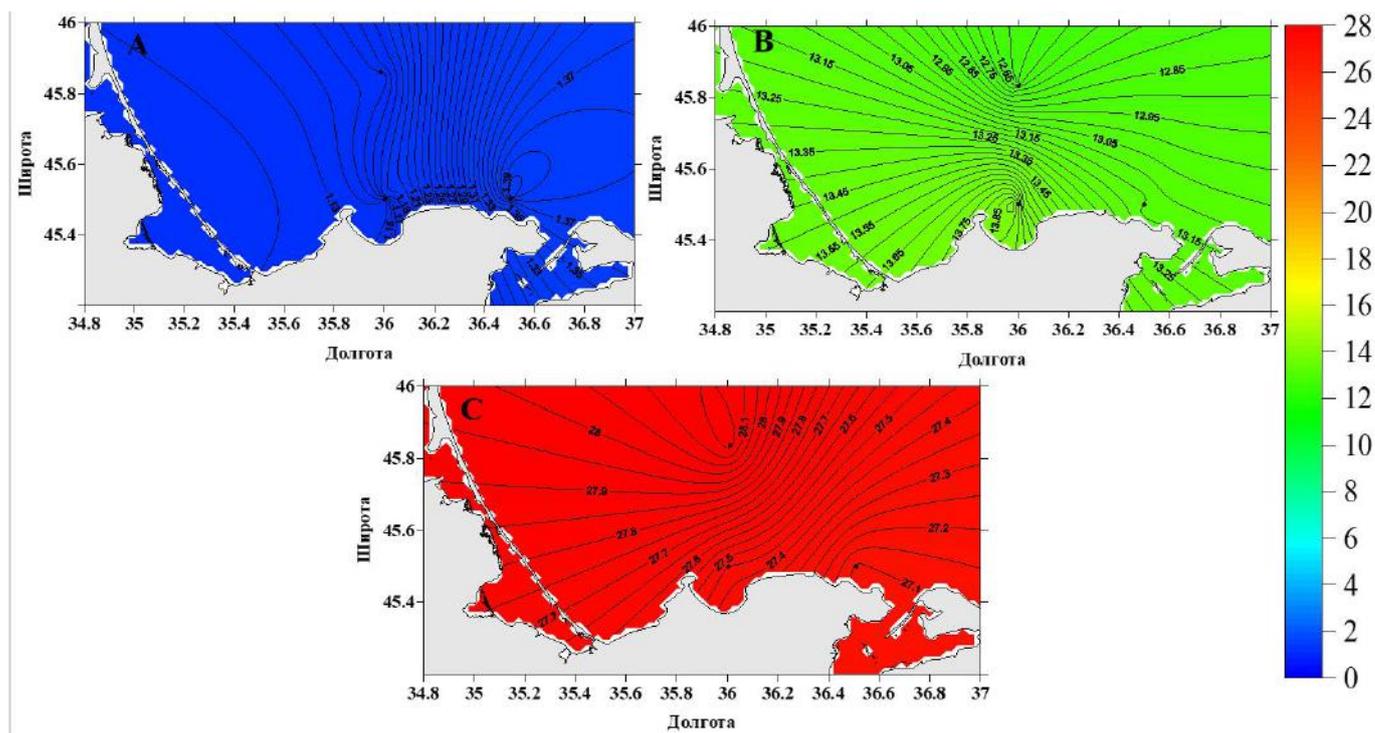


Рис. 3. Среднее значение температуры (°С) в слое 0–10 метров. А — зима, В — весна, С — лето

Fig. 3. The average temperature (°C) in the 0–10 meter layer. A – winter, B – spring, C – summer

Весенний период характеризуется иным типом вертикальной структуры ПБ, что обусловлено началом прогрева вод и интенсификацией развития одноклеточного планктона (рис. 5). В частности, отмечено повышение интенсивности биолюминесценции в придонном слое до $34,8 \cdot 10^{-12}$ Вт·см⁻²·л⁻¹ при температуре воды 12,5 °С, более близкой к оптимальной для жизнедеятельности фитопланктона Азово-Черноморского бассейна [1, 2]. Изменилась и видовая структура фитопланктонного сообщества. Так, в ранневесенний период (март — апрель) в исследуемом районе зафиксировано «цветение воды», вызванное развитием той же водоросли, что и зимой, — *S. costatum* (до 4114,0 млн кл. · м⁻³ численностью

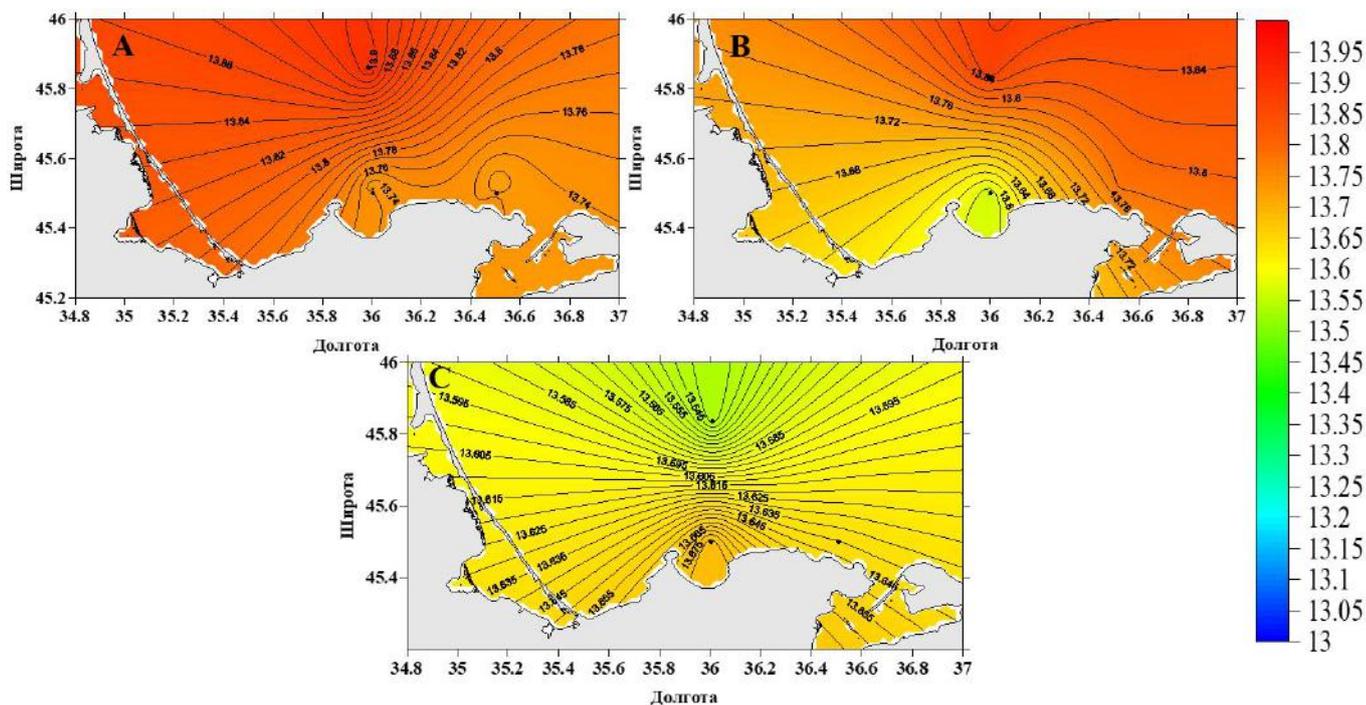


Рис. 4. Среднее значение солёности (‰) в слое 0–10 метров. А — зима, В — весна, С — лето
Fig. 4. The average salinity value (‰) in the 0–10 meter layer. A – winter, B – spring, C – summer

и $1517,6 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ биомассой). На некоторых станциях отмечено также массовое развитие крупноклеточной диатомовой *Coscinodiscus jonesianus* (Grev.) Ostf. Однако уже в последней декаде апреля на фоне массового развития *C. jonesianus* впервые отмечено присутствие динофитовой водоросли *Heterocapsa triquetra* (Ehrenberg) Stein.

В летний период зафиксированы максимальные величины интенсивности биолюминесценции в исследованном районе Азовского моря (до $634,4 \cdot 10^{-12} \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{л}^{-1}$) при температуре воды около $27,5^\circ \text{C}$ (рис. 6). Изменилась и вертикальная структура ПБ: она стала неравномерно распределённой в измеряемом слое, с наличием выраженных экстремумов интенсивности (рис. 5). В это время года в западной части Азовского моря массовыми видами были светящиеся крупноклеточные динофитовые водоросли из родов *Polykricos* (биомассой около $1685,0 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$) и *Protoperdinium* (биомассой $1303,7 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$). Наряду с этим в фитопланктоне были по-прежнему массово представлены *S. costatum* ($5520,0 \text{ млн кл.} \cdot \text{м}^{-3}$ численностью и $1415,4 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ биомассой) и *C. caspia* (численностью $1430,2 \text{ млн кл.} \cdot \text{м}^{-3}$ и биомассой $1056,7 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$).

Интересно отметить, что видовая структура фитопланктонного сообщества претерпела существенные изменения в сравнении с таковой 1939 г. Так, по данным В. И. Дацко [4], в летний период в структуре одноклеточного планктона Азовского моря доминировали не диатомовые, как в нашем случае, а перидиниевые водоросли *Conyaulax* sp., *Prorocentrum micans* и *Diplopsalis lenticula*, притом значительно — на порядки по численности и биомассе. На наш взгляд, всё объясняется влиянием климатических трендов и антропогенного пресса, многократно возросшего за этот период. Действительно, как было показано нами ранее на примере фитопланктонного сообщества Чёрного моря, качественно новые для планктона химические факторы антропогенного происхождения, прежде всего агротехнические и бытовые сбросы, не только существенно влияют на динамику численности и биомассы фитопланктона, но и изменяют его видовую структуру [8]. В частности, в районах, подверженных такому воздействию, роль массового черноморского биолюминесцента переходит от *Noctiluca scintillans* к *Ceratium fusus*.

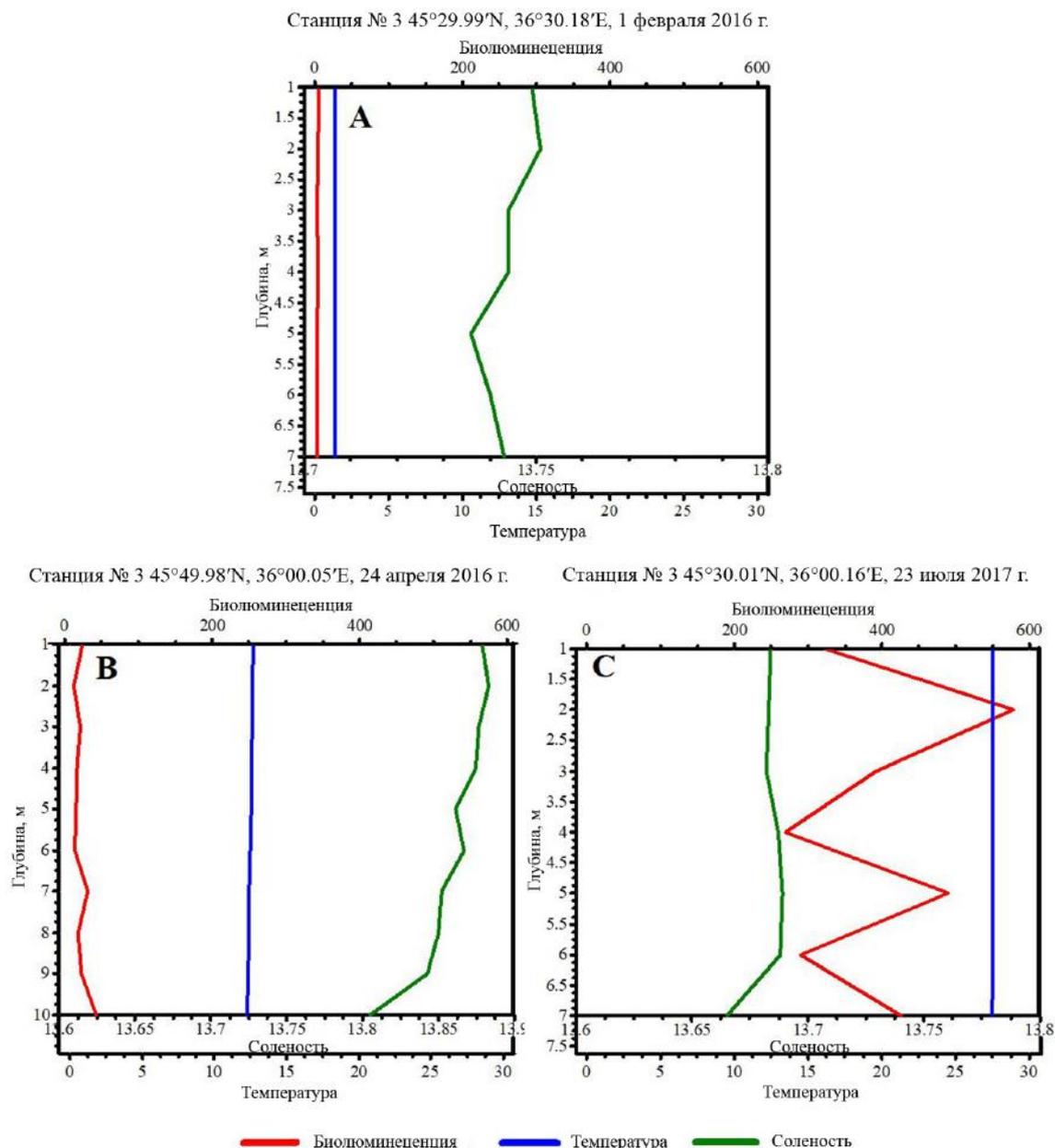


Рис. 5. Вертикальные профили температуры ($^{\circ}\text{C}$), солёности (‰), биоломинесценции ($10^{-12} \text{ Вт}\cdot\text{см}^{-2}\cdot\text{л}^{-1}$). А — зима, В — весна, С — лето

Fig. 5. Vertical profiles of temperature (blue line) ($^{\circ}\text{C}$), salinity (green line) (‰), bioluminescence (red line) ($10^{-12} \text{ W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{l}^{-1}$). A – winter, B – spring, C – summer

Выводы. Изучение сезонной динамики и особенностей вертикальной структуры поля биоломинесценции выявило значительные колебания его количественных показателей в различных районах исследований. Зарегистрированы выраженная сезонная изменчивость интегральных величин ПБ и его вертикальной структурированности в Азовском море, определяемые суперпозицией биологических и гидрологических характеристик водной толщи в районах исследований. Так, распределение ПБ показало соответствие его амплитудных показателей биомассе фитопланктона и его светящейся фракции, а также сопряжённость с гидрологической ситуацией. Наконец, в периоды максимального развития ПБ выявлено наличие по вертикали тонких слоёв повышенной светимости, визуализирующих слои повышенной концентрации организмов. Число и глубина таких слоёв зависят от динамической активности водной массы, которая обуславливает распределение биогенных элементов по вертикали

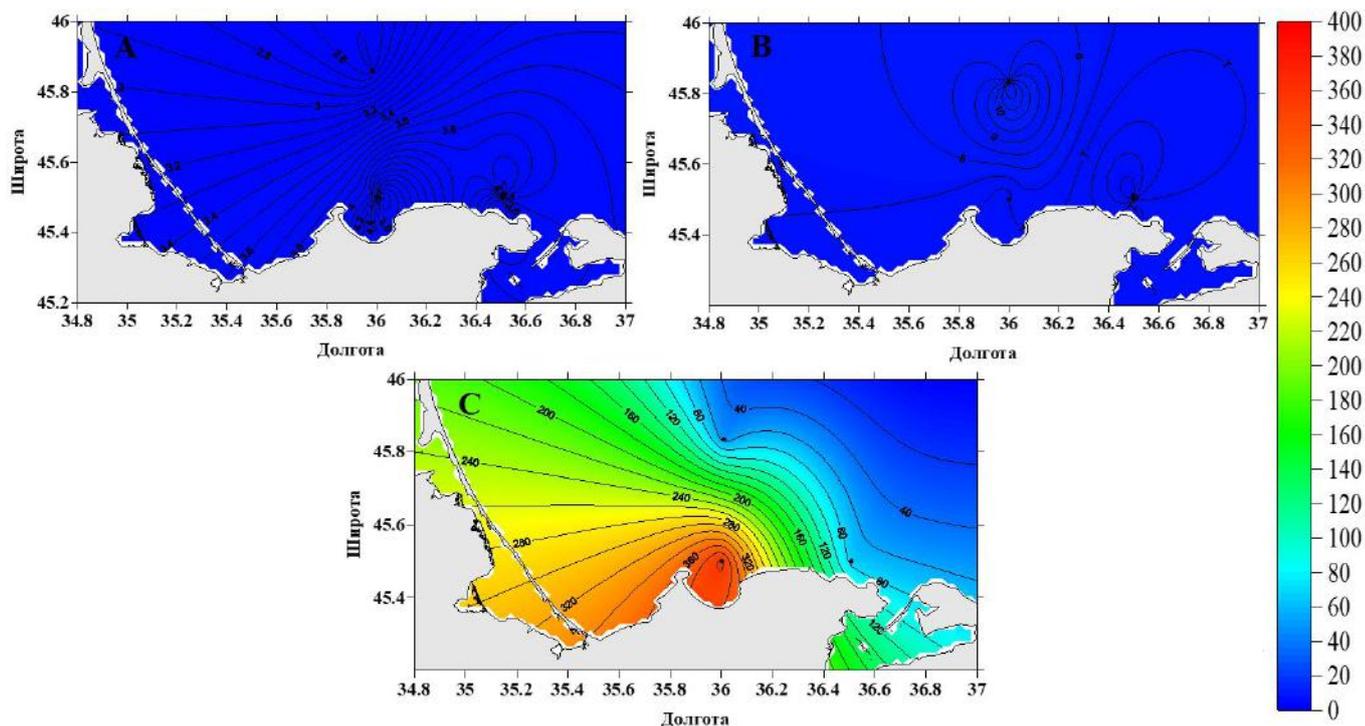


Рис. 6. Пространственное распределение средних значений интенсивности биолюминесценции (10^{-12} Вт·см⁻²·л⁻¹) в слое 0–10 метров. А — зима, В — весна, С — лето

Fig. 6. Spatial distribution of average values of bioluminescence intensity (10^{-12} W·cm⁻²·l⁻¹) in the 0–10 meter layer. A – winter, B – spring, C – summer

и, следовательно, уровень биологической продуктивности. Отмечена существенная модификация видовой структуры фитопланктонного сообщества Азовского моря за последние 75 лет, обусловленная, вероятно, влиянием климатических трендов и антропогенного пресса, которое должно быть подтверждено дополнительным анализом, выходящим за рамки настоящей работы.

Работы выполнены в рамках темы госзадания ФГБУН ИМБИ по теме «Структурно-функциональная организация, продуктивность и устойчивость морских пелагических экосистем» (№ гос. регистрации АААА-А18-118020790229-7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Битюков Э. П. Распределение и экология *Noctiluca miliaris* в Черном море // *Биология моря*. 1969. Вып. 17. С. 76–95. [Bityukov E. P. Raspredelenie i ekologiya *Noctiluca miliaris* v Chernom more. *Biologiya morya*, 1969, iss. 17, pp. 76–95. (in Russ.).]
2. Битюков Э. П. Биолюминесценция *Noctiluca miliaris* в разных температурных условиях // *Биология моря*. 1971. Вып. 24. С. 70–77. [Bityukov E. P. Bioluminestsentsiya *Noctiluca miliaris* v raznykh temperaturnykh usloviyakh. *Biologiya morya*, 1971, iss. 24, pp. 70–77. (in Russ.).]
3. Гительзон И. И., Левин Л. А., Утюшев Р. Н., Черепанов О. А., Чугунов Ю. В. *Биолюминесценция океана*. Санкт-Петербург : Гидрометеоздат, 1992. 283 с. [Gitel'zon I. I., Levin L. A., Utyushev R. N., Cherepanov O. A., Chugunov Yu. V. *Bioluminestsentsiya okeana*. Sankt-Petersburg: Gidrometeoizdat, 1992, 283 p. (in Russ.).]
4. Дацко В. И. Точный ход кислорода и биомассы фитопланктона в Азовском море // *Доклады АН СССР, Новая серия*. 1940. Т. 27, № 1. С. 75–77. [Datsko V. I. Tochnyy khod kisloroda i biomassy fitoplanktona v Azovskom more. *Doklady AN SSSR, Novaya seriya*, 1940, vol. 27, no. 1, pp. 75–77. (in Russ.).]
5. Токарев Ю. Н. *Основы биофизической экологии гидробионтов*. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. 342 с. [Tokarev Yu. N. *Osnovy biofizicheskoy ekologii gidrobiontov*. Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika, 2006, 342 p. (in Russ.).]
6. Токарев Ю. Н., Василенко В. И., Жук В. Ф. Новый гидробиофизический комплекс для экспрессной оценки состояния прибрежных экосистем // *Со-*

- временные методы и средства океанологических исследований : материалы XI Междунар. науч.-техн. конф., 25–27 ноября 2009, Москва. Москва : Изд-во РАН, 2009. Ч. 3. С. 23–27. [Tokarev Yu. N., Vasilenko V. I., Zhuk V. F. Novyy gidrobiologicheskiy kompleks dlya ekspressnoy otsenki sostoyaniya pribrezhnykh ekosistem. In: *Sovremennye metody i sredstva okeanologicheskikh issledovaniy: materialy XI Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.*, 25–27 Nov., 2009, Moscow. Moscow: Izd-vo RAS, 2009, pt 3, pp. 23–27. (in Russ.)].
7. Токарев Ю. Н., Евстигнеев П. В., Машукова О. В. *Планктонные биолюминесцентные Мирового океана: видовое разнообразие, характеристики светового излучения в норме и при антропогенном воздействии*. Симферополь : Н. Орианда, 2016. 347 с. [Tokarev Yu. N., Evstigneev P. V., Mashukova O. V. *Planktonnye bioluminescenty Mirovogo okeana: vidovoe raznoobrazie, kharakteristiki svetoizlucheniya v norme i pri antropogennom vozdeystvii*. Simferopol: N. Orianda, 2016, 347 p. (in Russ.)].
 8. Токарев Ю. Н., Битюков Э. П., Василенко В. И., Соколов Б. Г. Поле биолюминесценции – характерный показатель структуры планктонного сообщества Черного моря // *Экология моря*. 2000. Вып. 53. С. 20–25. [Tokarev Yu. N., Bityukov E. P., Vasilenko V. I., Sokolov B. G. Pole bioluminescenty – kharakternyy pokazatel' struktury planktonnogo soobshchestva Chernogo morya. *Ekologiya morya*, 2000, iss. 53, pp. 20–25. (in Russ.)].
 9. Yentsch C. S., Plinney D. A. A bridge between ocean optics and microbial ecology. *Limnology and Oceanography*, 1989, vol. 34, iss. 8, pp. 1694–1705. <https://doi.org/10.4319/lo.1989.34.8.1694>.
 10. Tokarev Yu. N., Bityukov E. P., Williams R., Vasilenko V. I., Piontkovski S. A., Sokolov B. G. The bioluminescence field as an indicator of the spatial structure and physiological state of the planktonic community at the Mediterranean Sea basin. In: Malanotte-Rizzoli P., Eremeev V. N. (Eds). *The Eastern Mediterranean as a Laboratory Basin for the Assessment of Contrasting Ecosystems*. Dordrecht: Springer, 1999, pp. 407–416. (NATO Science Series ; Series 2: Environmental Security, vol. 51). https://doi.org/10.1007/978-94-011-4796-5_26.

ROLE OF ABIOTIC AND BIOTIC FACTORS IN FORMATION OF THE SEASONAL VARIABILITY OF BIOLUMINESCENCE FIELDS IN THE SEA OF AZOV

A. V. Melnik, Yu. N. Tokarev, Iu. B. Belogurova, E. Iu. Georgieva, V. F. Zhuk, M. I. Silakov

Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: melnikalexsand@gmail.com

More than 150 intensity profiles of the bioluminescence field at 4 hydrographic stations were obtained for the first time in the Sea of Azov. The profiles were performed with a discreteness of 1 m in depth, as well as temperature and electrical conductivity profiles; microplankton species composition was also analyzed. Measurements of vertical profiles of the photosynthetically active radiation were also made during daytime. Almost at all the stations, along with the bioluminescence field measurements, samples of microplankton were taken by Jedi nets and bathometers for subsequent analysis of its species composition and quantitative distribution. Studies were carried out in winter, spring and summer periods on a unified grid of stations. The pronounced seasonal variability of the bioluminescence field integral values and its vertical structure at the Sea of Azov was registered, that was determined by the superposition of biological and hydrological characteristics of the water column in the study areas. The minimum values of the bioluminescence field intensity at the Sea of Azov ($6.05 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{l}^{-1}$ at a depth of 4 m) were recorded in winter period. It was mainly due to low water temperature of 0.5–1.5 °C in the late January and early February, that resulted in low abundance of luminous plankton. With spring warming up of water (at water temperature 12.5 °C) the development of the unicellular plankton intensified and an increase of the bioluminescence intensity in the bottom layer to $34.8 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{l}^{-1}$ was observed. In the summer period, maximum values of the bioluminescence intensity were registered (up to $634.4 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{l}^{-1}$) at average water temperature of 27.5 °C and at maximum abundance and biomass of the luminous phytoplankton fraction.

Keywords: pelagial, euphotic layer, phytoplankton, bioluminescence, vertical structure