

## **РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА ПРИРОДИ**

УДК 591.148:574.52(262.5)

### **СВЯЗЬ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОЛЯ БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ С ГИДРОЛОГИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ СРЕДЫ НА ТРАВЕРЗЕ БУХТЫ «КРУГЛАЯ»**

Бурмистрова Н.В., вед. инженер, Жук В.Ф., н.с., Мельникова Е.Б., к.б.н., м.н.с.

*Институт биологии южных морей НАН Украины им. А. О. Ковалевского*

Работа посвящена изучению связи интенсивности поля биолюминесценции с гидрологическими характеристиками среды в одном из районов западного шельфа Крыма. В статье приведены корреляционные связи годовой вариабельности интенсивности поля биолюминесценции с температурой и соленостью. Проведенная оценка достоверности полученных коэффициентов корреляции подтвердила дифференциацию структурных показателей поля биолюминесценции в верхнем слое (0 – 10 м) и в водных массах на глубинах 20 – 40 м.

Полученные результаты могут быть использованы для определения вертикальной структурированности концентрации планктонных сообществ и определения их экологического состояния.

*Ключевые слова:* Чёрное море, сезонная динамика поля биолюминесценции, температура, солёность.

Бурмістрова Н.В., Жук В.Ф., Мельнікова О.Б. ЗВ'ЯЗОК ІНТЕНСИВНОСТІ ПОЛЯ БІОЛЮМІНЕСЦЕНЦІЇ З ГІДРОЛОГІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ СЕРЕДОВИЩА НА ТРАВЕРЗІ БУХТИ КРУГЛОЇ / Інститут біології південних морів ім. О.О Ковалевського НАН України, Україна.

Робота присвячена вивченню зв'язку інтенсивності поля біолюмінесценції з гідрологічними характеристиками середовища в одному з районів західного шельфу Криму.

У статті наведені кореляційні зв'язки річної варіабельності інтенсивності поля біолюмінесценції з температурою і солоністю. Проведена оцінка достовірності отриманих коефіцієнтів кореляції підтвердила диференціацію структурних показників поля біолюмінесценції у верхньому шарі (0 – 10 м) і у водних масах на глибинах 20 – 40 м.

Отримані результати можуть бути використані для визначення вертикальної структурованості концентрації планктонних угруповань і визначенні їх екологічного стану.

*Ключові слова:* Чорне море, сезонна динаміка поля біолюмінесценції, температура, солоність

Burmistrova N.V., Juk V.F., Melnikova E.B. THE CONNECTION OF THE BIOLUMINESCENCE FIELD INTENSITY WITH ENVIROMENT HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OPPOSITE THE KRUGLAYA BAY / Institute of biology of the southern seas, NAS of Ukraine, Ukraine.

This work is devoted to the studies of connection of the bioluminescence field intensity with the environment hydrological characteristics in one of the western shelf regions of Crimea.

The correlative links of the yearly variability of the bioluminescence field intensity with temperature and salinity are given in the article.

The evaluation conducted of reliability of obtained correlation coefficients has proved differentiation in the bioluminescence field structural indices in the upper layer (0 – 10m) and in water masses at 20 – 40m depths.

The results obtained can be used for determination of the vertical structuredness in the plankton communities' concentration and their ecological condition.

*Key words:* Black Sea, seasonal dynamics bioluminescence field, temperature, salinity

### **ВВЕДЕНИЕ**

В Чёрном море оценку интенсивности поля биолюминесценции проводили многие исследователи [1, 2, 3]. В результате определены основные черты суточной и сезонной динамики поля биолюминесценции, выявлены основные планктонные

биолюминесцентны и т.д. Однако региональные особенности сезонной изменчивости вертикальной структуры интенсивности поля биолюминесценции не определялись.

В данной работе была сделана попытка оценить сезонную вариабельность интенсивности поля биолюминесценции и её связь с гидрологическими показателями (температура, солёность) в 10-метровых слоях от 0 до 50 м на траверсе бухты «Круглая», которая находится в двухмильной зоне от Севастопольской бухты.

Цель работы – изучить связь между интенсивностью поля биолюминесценции и гидрологическими характеристиками среды в одном из районов западного шельфа Крыма.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Регулярные круглогодичные исследования вертикальной структуры поля биолюминесценции проводятся, начиная с 2007 года, на траверсе бухты «Круглая» – ст. 1, а так же на ст. 2, ст. 3 и ст. 4 Севастопольской бухты (рис. 1) сотрудниками отдела биофизической экологии.



Рис. 1. Схема станций мониторинга

В данной работе проанализированы данные за 2009 г. Пространственную структуру поля биолюминесценции исследовали методом многократного батифотометрического зондирования толщи воды, используя гидробиофизический комплекс «Сальпа-М» [4].

В основе сбора данных лежит оригинальная методика, разработанная, апробированная и сертифицированная в отделе биофизической экологии ИнБЮМ НАНУ. Основные её черты органично сочетают в себе собственные наработки в этой области [5, 6, 7], а также опыт научной кооперации с коллегами из МГИ НАНУ и Института биофизики Красноярского Отделения РАН [8, 9].

Съёмки производились в ночное время через 2 часа после наступления полной темноты. Станция 1 ( $44^{\circ}37'25''\text{N}$ ;  $33^{\circ}25'50''\text{E}$ ) относительно глубоководная станция ( $h = 60\text{ м}$ ), имеющая водообмен с открытой частью моря. При обработке данных учитывали все серии измерений в слое от 0 до 50 м.

С помощью комплекса «Сальпа-М» измеряли интенсивность поля биолюминесценции, температуру, мутность, солёность. Полученные данные были подвергнуты статистической обработке.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наблюдение светового поля биолюминесценции, которое обусловлено излучением светящихся видов планктона, представляет один из экспрессных методов получения информации о распределении планктона [7]. Интенсивность излучения зависит, главным образом, от концентрации планктона и в меньшей степени от его видового

состава, так как концентрация светящихся видов планктона хорошо коррелирует с его общим содержанием [10]. Интенсивность биоллюминесценции подвержена значительным сезонным изменениям в соответствии с годовым ходом продуктивности планктона [4, 7, 11, 12].

Основная часть фитопланктона сосредоточивается в слое 0 – 50 м, где обычно содержится от 56 до 89 % его количества [10]. Поэтому мы рассматривали этот слой воды, условно разбив его на две части: верхний (0 – 10 м) и нижний (20 – 40 м).

В ночное время интенсивность биоллюминесценции планктона Чёрного моря регистрировалась начиная от поверхности и до глубины 50 м. В осенне-зимне-весенний период наблюдается два максимума свечения. Один, более интенсивный, располагается на глубине от 0 до 10 м. Второй – на глубине 20-30 м. В летний период картина меняется – просматривается только один пик свечения, который располагается на глубине 30 – 40 м (табл. 1).

Таблица 1 – Пики интенсивности поля биоллюминесценции в разные месяцы 2009 года

| Месяц    | Биоллюминесценция,<br>( $10^{-12}$ Вт·см $^{-2}$ ·л $^{-1}$ ) | Глубина,<br>м | Температура<br>воды, °С | Солёность,<br>‰ |
|----------|---------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------|-----------------|
| Январь   | 4638,24                                                       | 3             | 8,83                    | 17,96           |
|          | 1591,77                                                       | 25            | 8,73                    | 17,97           |
| Февраль  | 4707,80                                                       | 1             | 8,43                    | 18,26           |
|          | 3289,44                                                       | 21            | 8,34                    | 18,30           |
| Март     | 4209,40                                                       | 2             | 7,97                    | 18,49           |
|          | 2222,55                                                       | 30            | 7,90                    | 18,51           |
| Апрель   | 1887,87                                                       | 1             | 11,54                   | 17,91           |
|          | 1524,94                                                       | 30            | 10,35                   | 17,89           |
| Май      | 3659,86                                                       | 2             | 13,97                   | 17,78           |
|          | 1075,83                                                       | 23            | 13,97                   | 17,72           |
| Июнь     | 1310,06                                                       | 30            | 16,74                   | 18,02           |
| Июль     | 2291,52                                                       | 30            | 11,8                    | 17,80           |
| Август   | 7863,67                                                       | 30            | 11,69                   | 17,95           |
| Сентябрь | 31055,20                                                      | 30            | 19,98                   | 17,60           |
| Октябрь  | 2182,06                                                       | 2             | 19,40                   | 18,03           |
|          | 2120,74                                                       | 20            | 19,41                   | 18,03           |
| Ноябрь   | 5589,56                                                       | 2             | 15,62                   | 18,10           |
|          | 1624,10                                                       | 23            | 15,62                   | 18,10           |

Наиболее равномерное вертикальное распределение фитопланктона наблюдается в холодное время года [10]. В 2009 г. наиболее холодными месяцами были: январь, февраль, март, апрель. Как видно из табл. 2 температура воды в эти месяцы в верхнем и нижнем слоях менялась незначительно и находилась в пределах от 7,96 до 10,77 $^{\circ}$ С.

Наличие зимней вертикальной циркуляции и незначительной разницы температур по вертикали приводит к смешиванию организмов холодолюбивого и тепловодного комплексов. Относительная однородность условий в слое зимней вертикальной циркуляции даёт возможность в темное время суток светящимся видам планктона мигрировать к самой поверхности, и их интенсивность свечения достигает пика в верхнем 10-метровом слое (табл. 2).

В мае, в результате начинающегося прогрева верхних слоев ( $t = 14^{\circ}$ С), намечается температурный скачок. Он еще слабо выражен и не может ограничить вертикальную циркуляцию вод, но судя по интенсивности поля биоллюминесценции, распределение фитопланктона меняется. Интенсивность свечения ( $2077 \cdot 10^{-12}$  Вт·см $^{-2}$ ·л $^{-1}$ ), в верхнем

десяти метровом слое примерно в 4 раза выше, чем на глубине 20 - 40 м ( $629 - 502 \cdot 10^{-12} \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{л}^{-1}$ ).

Июнь, июль, август относятся к летнему биологическому сезону, с характерной для данного времени года температурной стратификацией вод. В летний период усиливающийся прогрев верхнего слоя приводит к повышению вертикальной устойчивости вод, формированию сезонного термоклина и ослаблению турбулентной диффузии и адвекции ниже слоя скачка.

В летний сезон, на ближайшей к берегу акватории образуется летний термоклин – граница между теплой прибрежной водой и холодным глубинным течением. За счет образования летнего термоклина, а также большей интенсивности солнечной радиации светящиеся виды планктона развиваются на глубине интенсивнее, отсюда и высокие показатели интенсивности свечения представителей «тенелюбивого» комплекса на глубине до 40 м. Холодолюбивые формы планктона также предпочитают находиться в это время на глубине, ниже слоя термоклина.

Таблица 2 – Годовые изменения интенсивности поля биолуминесценции (ИПБ), средней температуры и солености в слое воды на траверзе бухты «Круглая»

| Месяц | Глубина 1- 10 м                                                                           |                      |                 | Глубина 21 – 30 м                                                                         |                      |                 | Глубина 31 – 40 м                                                                         |                      |                 |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------|
|       | ИПБ $\pm\sigma$<br>( $10^{-12}$<br>$\text{Вт} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{л}^{-1}$ ) | T $^{\circ}\text{C}$ | S $_{\text{‰}}$ | ИПБ $\pm\sigma$<br>( $10^{-12}$<br>$\text{Вт} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{л}^{-1}$ ) | T $^{\circ}\text{C}$ | S $_{\text{‰}}$ | ИПБ $\pm\sigma$<br>( $10^{-12}$<br>$\text{Вт} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{л}^{-1}$ ) | T $^{\circ}\text{C}$ | S $_{\text{‰}}$ |
| I     | 2272,05 $\pm$<br>1512,74                                                                  | 8,79                 | 18,25           | 1124,72 $\pm$<br>1224,33                                                                  | 8,73                 | 18,26           | 1042,96 $\pm$<br>1188,65                                                                  | 8,66                 | 18,26           |
| II    | 2500,15 $\pm$<br>1201,39                                                                  | 8,44                 | 18,27           | 2333,34 $\pm$<br>485,86                                                                   | 8,46                 | 18,27           | 2169,50 $\pm$<br>271,76                                                                   | 8,38                 | 18,29           |
| III   | 2805,90 $\pm$<br>1013,35                                                                  | 7,96                 | 18,30           | 1214,02 $\pm$<br>546,03                                                                   | 7,90                 | 18,30           | 1208,38 $\pm$<br>406,33                                                                   | 7,89                 | 18,30           |
| IV    | 1831,38 $\pm$<br>1911,40                                                                  | 10,77                | 18,31           | 906,85 $\pm$<br>251,72                                                                    | 10,62                | 18,31           | 790,0 $\pm$<br>140,67                                                                     | 10,16                | 18,31           |
| V     | 2076,87 $\pm$<br>1267,52                                                                  | 13,97                | 17,89           | 629,73 $\pm$<br>249,10                                                                    | 12,31                | 18,05           | 502,53 $\pm$<br>93,13                                                                     | 10,56                | 18,06           |
| VI    | 791,45 $\pm$<br>564,35                                                                    | 23,11                | 17,80           | 415,13 $\pm$<br>291,39                                                                    | 12,28                | 18,06           | 629,45 $\pm$<br>369,32                                                                    | 10,39                | 18,09           |
| VII   | 370,66 $\pm$<br>216,12                                                                    | 24,37                | 17,79           | 1724,15 $\pm$<br>596,46                                                                   | 14,28                | 18,00           | 2201,99 $\pm$<br>137,0                                                                    | 10,64                | 18,00           |
| VIII  | 346,17 $\pm$<br>200,60                                                                    | 22,70                | 17,79           | 2420,45 $\pm$<br>1266,52                                                                  | 14,28                | 18,00           | 3814,94 $\pm$<br>1844,10                                                                  | 10,69                | 18,03           |
| IX    | 3323,99 $\pm$<br>1447,88                                                                  | 21,82                | 17,90           | 12477,89 $\pm$<br>9029,61                                                                 | 21,43                | 17,90           | 23014,20 $\pm$<br>4919,49                                                                 | 21,40                | 17,90           |
| X     | 1562,57 $\pm$<br>622,56                                                                   | 19,41                | 18,03           | 911,76 $\pm$<br>744,15                                                                    | 19,36                | 18,15           | 335,09 $\pm$<br>123,77                                                                    | 19,35                | 18,16           |
| XI    | 2007,92 $\pm$<br>1900,91                                                                  | 15,65                | 18,19           | 860,75 $\pm$<br>424,30                                                                    | 15,16                | 18,19           | 264,17 $\pm$<br>117,73                                                                    | 14,06                | 18,18           |

В результате усиления ветров и возникающие в прибрежной зоне стонные эффекты, охлажденная глубинная вода поднимается в поверхностные горизонты. Происходит конвективная вертикальная циркуляция, выравнивающая температуру и соленость воды по всей глубине. Светящиеся виды планктона развиваются в тонком 10-метровом слое, а на глубине 40 м их количество резко уменьшается. По мере выравнивания температуры по всей толще воды в осеннее время, в поверхностных слоях исчезают теплолюбивые сезонные формы, остаются круглогодичные, к которым присоединяются поднимающиеся снизу холодолюбивые.

В 2009 г. на траверзе бухты «Круглая» просматривается два максимума развития светящегося фитопланктона: это весенний ( $2806 \cdot 10^{-12} \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{л}^{-1}$ ) – март и осенний ( $23014 \cdot 10^{-12} \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{л}^{-1}$ ) – сентябрь, связанные со вспышками массового развития тех или иных видов динофлагеллят.

Изменения солёности в слое от поверхности до глубины 40 м наблюдаются в течение годового цикла. В зимний сезон, когда развито конвективное перемешивание, вынос солей из глубины к поверхности усиливается, а в весенне-летний период, развитие сезонного термоклина – ослабевает. Солёность под слоем термоклина фактически не меняется и составляет  $17,79 - 17,80 \text{ ‰}$ . Осенью солёность в верхнем слое возрастает в результате усиления вертикального перемешивания. Солёность в этот сезон увеличивается по сравнению с летним периодом в среднем на  $0,35 \text{ ‰}$ .

После анализа и статистической обработки данных была получена корреляционная связь в верхнем 10-ти метровом слое между интенсивностью поля биолуминесценции и температурой (коэффициент корреляции  $r = -0,61$ ), а также корреляционная связь между интенсивностью поля биолуминесценции и солёностью ( $r = 0,60$ ) (рис. 2).

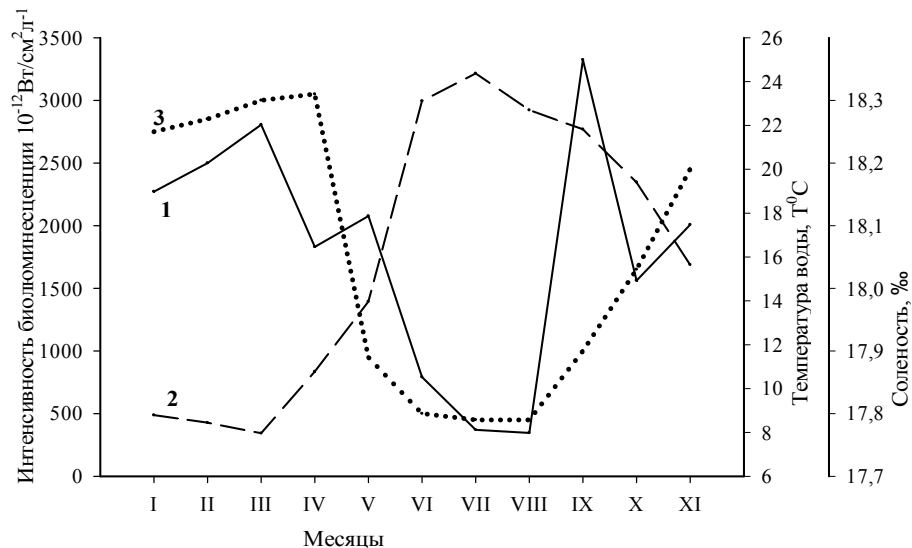


Рис. 2. Сезонная вариабельность интенсивности поля биолуминесценции (1), температуры (2) и солёности (3) в верхнем 10-ти метровом слое воды на траверзе бухты «Круглая».

Как следует из представленного иллюстративного материала, по мере прогревания верхнего слоя и повышения температуры от  $7,96^{\circ}\text{C}$  в марте месяце до  $13,97^{\circ}\text{C}$  в мае, интенсивность поля биолуминесценции в нем незначительно уменьшается. В летние месяцы (июнь, июль, август), когда поверхностная температура воды удерживается в диапазоне  $22,70^{\circ}\text{C} - 24,37^{\circ}\text{C}$  и образуется летний термоклин, интенсивность поля биолуминесценции в верхнем слое также уменьшается. В осенние месяцы (сентябрь, октябрь, ноябрь), когда вновь происходит перемешивание вод, наблюдается понижение температуры воды к ноябрю, интенсивность поля биолуминесценции увеличивается. Пик интенсивности биолуминесценции наблюдался в сентябре, составлял  $3323 \cdot 10^{-12} \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{л}^{-1}$ . При перемешивании вод в верхнем слое повышается солёность за счёт глубинных вод.

В зимне-весенний период показатели солёности и интенсивность поля биолуминесценция остаются высокими. В летние месяцы, когда образуется термоклин, солёность падает до  $17,79 \text{ ‰}$ , интенсивность биолуминесценции тоже уменьшается. В летние месяцы температура и солёность фактически не меняются. В осенний период картина повторяется – солёность повышается, и интенсивность поля биолуминесценции увеличивается.

В слое 20 – 30 м также найдена корреляционная связь между интенсивностью поля биолюминесценции и температурой ( $r = 0,60$ ), интенсивностью поля биолюминесценции и соленостью ( $r = -0,56$ ) (рис. 3).

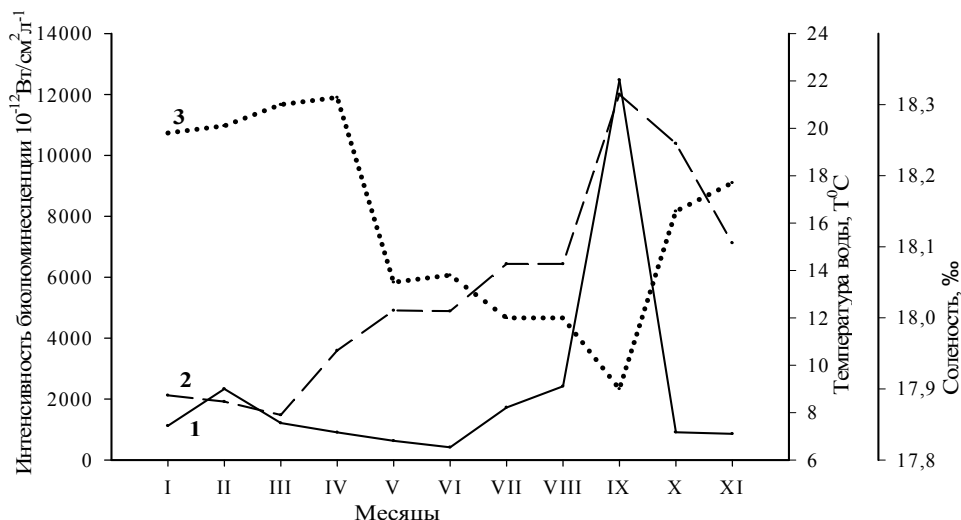


Рис. 3. Сезонная вариабельность интенсивности поля биолюминесценции (1), температуры (2) и солености (3) на глубинах 20 – 30 м на траверзе бухты «Круглая».

В слое 30 – 40 м нами также вычислена корреляционная связь между интенсивностью поля биолюминесценции и температурой ( $r = 0,65$ ), и между интенсивностью поля биолюминесценции и соленостью ( $r = -0,62$ ) (рис. 3). В глубинных слоях, где температура воды плавно меняется по мере прогревания с наступлением летних жарких дней и охлаждается с наступлением осени, с повышением температуры увеличивается интенсивность поля биолюминесценции, а с понижением температуры – уменьшается.

В слое 30-40 м. солёность остается высокой от 18,26‰ до 18,31‰, а интенсивность поля биолюминесценция в зимне-весенний период на этих глубинах уменьшается. В летние месяцы, солёность падает до 18,00‰, а интенсивность биолюминесценции возрастает. В осенний период картина повторяется – солёность повышается, а интенсивность поля биолюминесценции уменьшается (рис. 4).

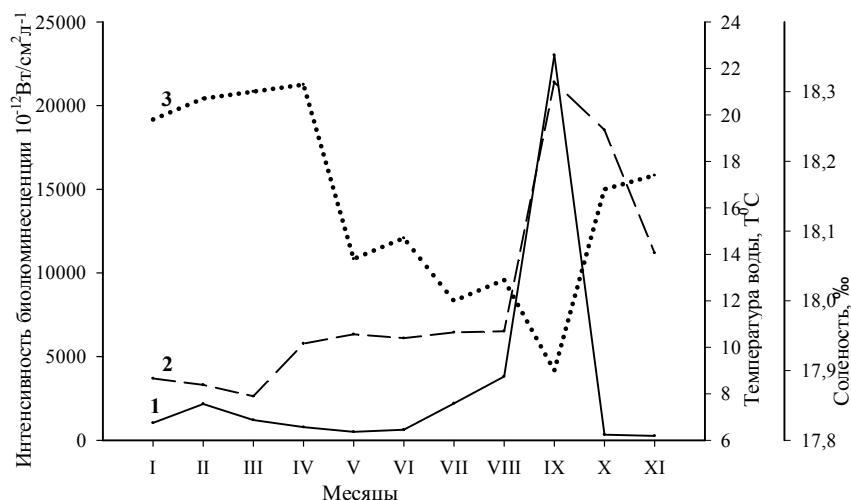


Рис. 4. Сезонная вариабельность интенсивности поля биолюминесценции (1), температуры (2) и солёности (3) на глубинах 30-40 м на траверзе бухты «Круглая».

Оценку достоверности полученных значений коэффициента корреляции производили по формуле определения средней ошибки, применяемой в тех случаях, когда количество измерений мало ( $n < 30$ ) [13].

$$S_r = \frac{\sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n-2}}, \quad (1)$$

где  $S_r$  — средняя ошибка,  $r$  — коэффициент корреляции,  $n$  — количество месяцев, в которые проводились исследования.

С учетом формулы (1) выражение для расчета  $t$  распределения по Стьюденту принимает следующий вид [13]:

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (2)$$

Поскольку исследования проводились в течение 11 месяцев,  $n = 11$ .

Для верхнего слоя 0 – 10 м также был рассчитан коэффициент корреляции между интенсивностью поля биоллюминесценции и температурой. Коэффициент корреляции получили равным  $r = -0,61$ .

Подставив в формулу (2) числовые значения получаем:

$$t = \frac{0,61\sqrt{11-2}}{\sqrt{1-(0,61)^2}} = 2,309$$

По таблицам площади кривой вероятностей по Стьюденту в пределах  $\pm t$  для малого числа наблюдений [13] для полученных значений  $t = 2,309$  и  $n = 11$  находим, что вероятность полученного значения корреляции равна 0,955, т.е. уровень значимости оказывается равен 0,045.

Известно что, для биологических исследований в качестве приемлемого принимается уровень значимости равный 0,05. В этом случае надежность полученного коэффициента корреляции достаточна. Полученные значения коэффициента корреляции и результаты оценки достоверности для различных глубин и рассмотрении корреляционной связи между интенсивностью полем биоллюминесценции и температурой, а также интенсивностью поля биоллюминесценции и соленостью приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Коэффициенты корреляции и уровни значимости для интенсивности поля биоллюминесценции и температуры

| Глубина, м | Коэффициент корреляции | Количество месяцев | Критерий значимости по Стьюденту $t$ | Уровень значимости |
|------------|------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------|
| 0 – 10     | - 0,61                 | 11                 | 2,309                                | 0,045              |
| 21 – 30    | 0,60                   | 11                 | 2,25                                 | 0,049              |
| 31 – 40    | 0,65                   | 11                 | 2,566                                | 0,03               |

Таблица 4. – Коэффициенты корреляции и уровни значимости для интенсивности поля биоллюминесценции и солёности

| Глубина, м | Коэффициент корреляции | Количество месяцев | Критерий значимости по Стьюденту t | Уровень значимости |
|------------|------------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------|
| 0 – 10     | 0,60                   | 11                 | 2,25                               | 0,049              |
| 21 – 30    | -0,56                  | 11                 | 2,028                              | 0,071              |
| 31 – 40    | -0,62                  | 11                 | 2,371                              | 0,039              |

### ВЫВОДЫ

1. Исследования особенностей вертикальной структуры интенсивности поля биоллюминесценции при изменении глубины (с шагом 10 м) на траверзе бухты «Круглая» показало, что имеется корреляционная связь между интенсивностью поля биоллюминесценции и температурой, а также интенсивностью поля биоллюминесценции и солёностью.
2. Уровень корреляционной связи определен нами как средний – коэффициент корреляции лежит в пределах 0,56 – 0,65.
3. Сопоставление количественных оценок вертикальной структуры поля биоллюминесценции и гидрофизических характеристик свидетельствует о дифференциации структурных показателей в верхнем слое (0 – 10 м) и в слоях 21 – 30 м и 31 – 40 м.
4. Анализ сезонной динамики интенсивности поля биоллюминесценции показал наличие весеннего и осеннего максимумов в 2009 году.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность д.б.н. Ю. Н. Токареву за постоянное внимание, помощь и ценные замечания высказанные в процессе обсуждения работы, а также сотрудникам отдела биофизической экологии за содействие в обеспечении проведенных исследований.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Битюков Э.П., Рыбасов В.П., Шайда В.Г. Годовые изменения интенсивности биоллюминесцентного поля в неритической зоне Чёрного моря // Океанология. – № 6. – 1967. – С. 1089 – 1099.
2. Битюков Э.П., Василенко В.И., Токарев Ю.Н. и др. Результаты и перспективы биоллюминесцентных исследований в Чёрном море // Экология моря –1996. – № 46 – С. 19 – 24.
3. Токарев Ю.Н., Битюков Э.П., Василенко В.И., Соколов Б.Г. Поле биоллюминесценции – характерный показатель структуры планктонного сообщества Черного моря // Экология моря –2000. – № 53 – С. 20 – 25.
4. Бурмистрова Н.В., Токарев Ю.Н., Василенко В.И., Жук В.Ф. Современные проблемы морской инженерной экологии (изыскания, ОВОС, социально-экономические аспекты): Материалы международной научной конференции (г. Ростов-на-Дону, 9 – 11 июня 2008 г.) / Отв. ред. акад. Г.Г. Матишов. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. -С. 59 – 62.

5. Битюков Э.П. Горизонтальная неоднородность биолюминесцентного поля как показатель агрегированного распределения планктона // Гидробиол.журн. – 1984. – 20, №5. – С. 24 – 31.
6. Токарев Ю.Н., Битюков Э.П., Василенко В.И. и др. Видовое разнообразие планктонных биолюминесцентных в Чёрном море и характеристики формируемого ими поля биолюминесценции в неритической зоне Крыма – В кн: Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (черноморский сектор) Ред ВН Еремеев. АВ Гаевская Севастополь. ЭКОСИ МГИ НАН Украины. 2003. – С. 121 – 151.
7. Токарев Ю.Н. Основы биофизической экологии гидробионтов – Севастополь: ЭКОСИ-гидрофизика. 2006. – 342 с.
8. Kushnir V.M., Tokarev Yu.N., Williams R. et all. Spatial heterogeneity of the bioluminescence fields of the tropical Atlantic Ocean and its relationship with internal waves // MarEcolProgSer – 1997. – V.160 – P. 1 – 11.
9. Гительзон И.И., Левин Л.А., Утюшев Р.Н. и др. Биолюминесценция в океане – С-Петербург: Гидрометеиздат. 1992. – 283 с.
10. Грезе В.Н., Основы биологической продуктивности Черного моря. Киев: Наук. думка, 1979. – 390 с.
11. Битюков Э.П., Рыбасов В.П., Шайда В.Г. Годовые изменения интенсивности биолюминесцентного поля в неритической зоне Чёрного моря // Океанология – № 6 – 1967. – С. 1089 – 1099.
12. Бурмистрова Н.В., Машукова О.В. Сезонная динамика поля биолюминесценции в Чёрном море. Тезисы V Международной научно-практической конференции молодых ученых по проблемам водных экосистем “Pontus Euxinus -2007” (24-27 сентября 2007г.) Севастополь: ЭКОСИ – Гидрофизика, 2007 – 148 с., С.14 – 15.
13. Рокицкий П. Ф. Основы вариационной статистики для биологов. – Минск, 1961. – 221 с.

УДК 504.6(477.43/44):502.7

## СТРУКТУРНО-ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РАРИТЕТНОГО ФІТОРІЗНОМАНІТТЯ ПОДІЛЛЯ

Мудрак О.В., к. с.-г. н., доцент

*Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського*

На основі гербарних даних, літературних і картографічних джерел, польових досліджень із подальшою критично-системною обробкою зібраного матеріалу складено конспект раритетного фіторізноманіття судинних рослин Поділля, який включає 369 видів. При дослідженні раритетної флори регіону встановлено її загальний склад, здійснено систематичний, біоморфологічний та еколого-ценотичний аналізи.

*Ключові слова:* види, раритетна флора, фіторізноманітність, структура, порівняльний аналіз, чинники.

Мудрак А.В. СТРУКТУРНО-СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАРИТЕТНОГО  
ФИТОРАЗНООБРАЗИЯ ПОДОЛья / Винницкий государственный педагогический  
университет им. М. Коцюбинского, Украина.