

МЕЗОМАСШТАБНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ НА РАЗРЕЗАХ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Минский И.А.¹, Серикова И.М.¹, Жук В.Ф.¹, Евстигнеев В.П.², Пионтковский С.А.²

¹ Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия

² Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия

E-mail: ivan.simfer@gmail.com, irasimwin@yandex.ru, vfzhuk@mail.ru, vald_e@rambler.ru

По результатам многократных ночных зондирований ГПК «Сальпа» (10-ти на каждой станции), проведенных в начале декабря 2018 г. в северо-восточной части Черного моря (Рис.1) в 105-ом рейсе НИС «Профессор Водяницкий», оценивались характеристики тонкой структуры поля биолюминесценции (ПБ) в водных массах с различной динамической структурой вод. Целью исследований было выявление различий в параметрах тонкой структуры ПБ, отражающих характерные черты мелкомасштабной структурированности светящегося планктона, в водных массах с различной гидродинамической активностью.

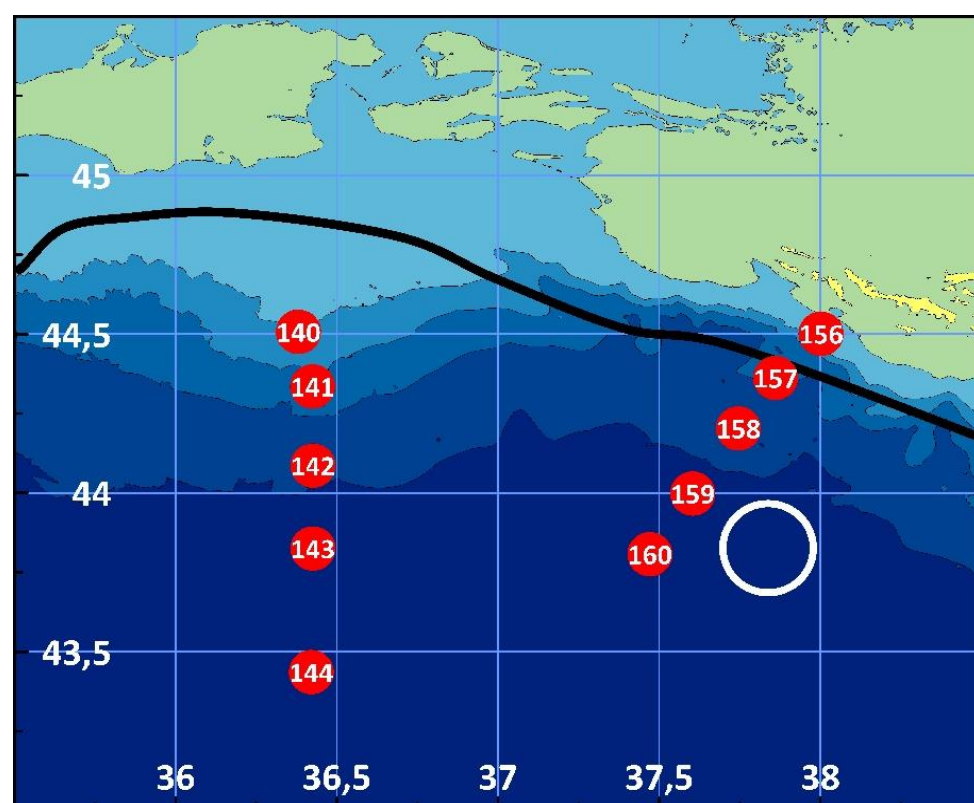


Рис.1 Район исследований в северо-восточной части Черного моря

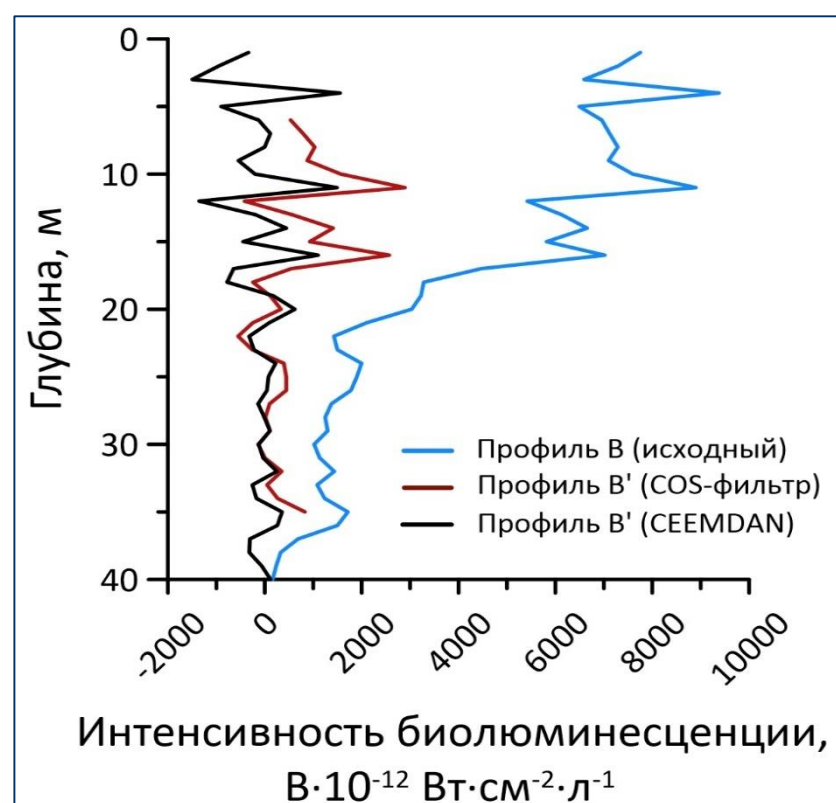


Рис.2 Исходный профиль биолюминесценции (B) и высокочастотные составляющие (B'), полученные разными методами фильтрации

Для выделения высокочастотной составляющей профиля биолюминесценции (B') из исходного профиля (B) применялся метод комплементарной множественной эмпирической модовой декомпозиции с адаптивным шумом (CEEMDAN). При этом профили пульсаций B' представлялись суммой первых двух модовых функций (IMF). Такой метод выделения высокочастотных составляющих профилей биолюминесценции отличается от традиционного метода с использованием cos-фильтра тем, что не обрезает n первых и последних членов в рядах пульсаций, где n – длина cos-фильтра (рис.2). По полученным рядам пульсаций рассчитывались автокорреляционные функции, которые затем усреднялись для получения характерного вертикального масштаба тонкоструктурных неоднородностей ПБ на каждой станции. Степень изрезанности профилей биолюминесценции оценивалась коэффициентом вариации флуктуаций: $CVB' = \sigma B' / \overline{B'}$, где $\sigma B'$ – среднее квадратичное отклонение профиля B' в выбранном слое; $\overline{B'}$ – среднее значение исходного профиля в этом же слое.

Гидродинамическая структура вод оценивалась по данным инструментальных измерений течений и гидрологических съемок (Артамонов, 2020). Так, в восточной части полигона между 37,5° и 38° в.д. в верхнем 50-метровом слое наблюдался крупномасштабный циклонический меандр. В зоне этого меандра на горизонтах 10 м и 50 м прослеживался замкнутый циклонический круговорот (отмечен белым кружком на рис.1). В зоне влияния этого циклонического образования оказались три станции второго разреза: ст.ст.158, 159, 160. Интенсивность биолюминесценции в этом районе снижалась более чем в два раза относительно более мелководных станций разреза. На свале глубин (ст. 157), где были зарегистрированы воды ОЧТ (стрезень ОЧТ показан черной линией на рис.1), отмечался наиболее сильный сигнал биолюминесценции. Диапазоны изменчивости средней интенсивности биолюминесценции в верхнем слое, где сосредотачивалась зона сливного свечения, в водах ОЧТ и шельфа (ст. 156) не перекрывались с таковыми в зоне циклонического образования (рис.4). При этом только воды шельфа отличались наиболее низким значением коэффициента вариации флуктуаций (рис.4), что указывало на более размытую структуру профилей биолюминесценции, что, по-видимому, было связано с ростом вертикальной составляющей скоростей течений, о чем могло свидетельствовать также расширение зоны ВКС и заглужение термоклина ниже горизонта 40 м (рис.3).

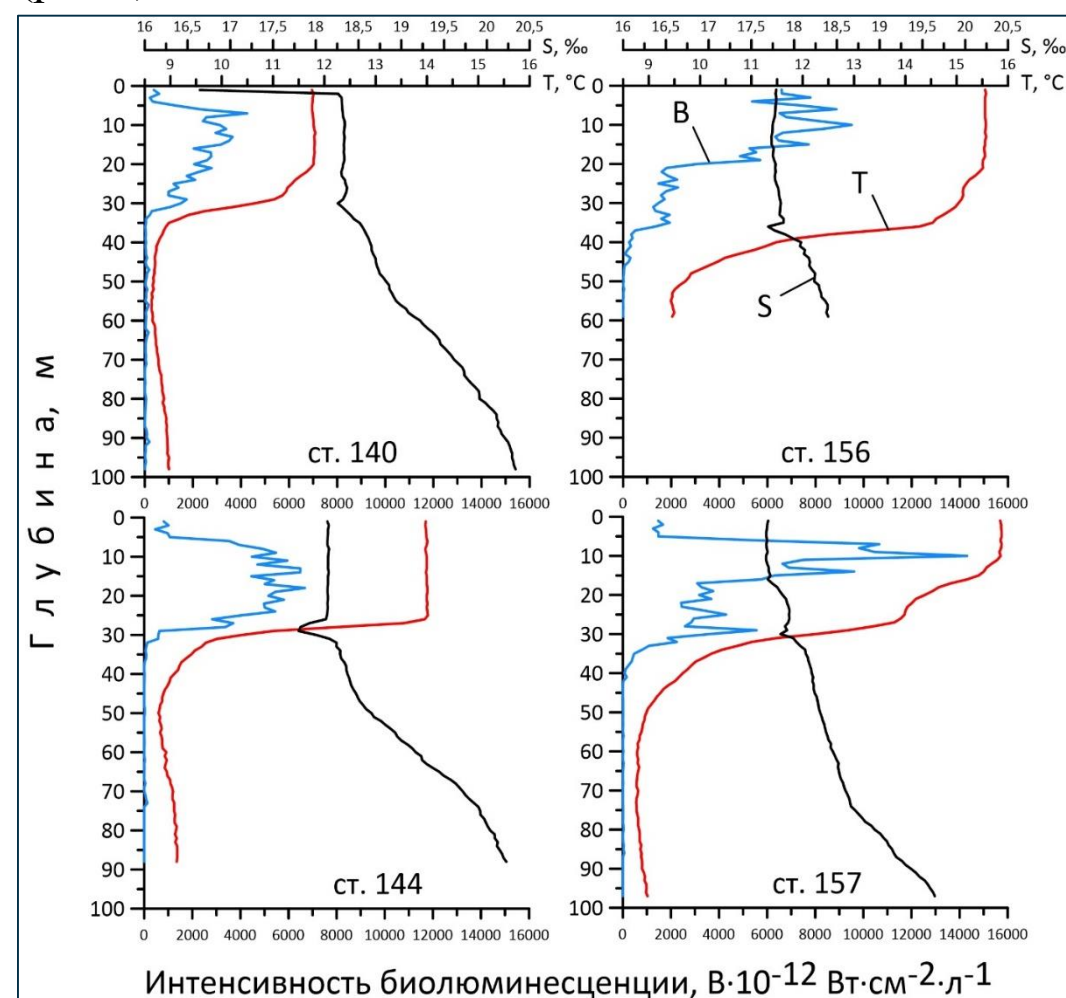


Рис.3 Характерные профили биолюминесценции, температуры, солёности на отдельных станциях полигона

Низкими значениями этого параметра отличались почти все станции первого разреза при том, что средняя интенсивность биолюминесценции изменялась в широком диапазоне. Интенсивности биолюминесценции увеличилась в 2 раза по мере удаления от берега и увеличения температуры верхнего слоя с 11,7°C (на ст.140) до 14°C (на ст. 144).

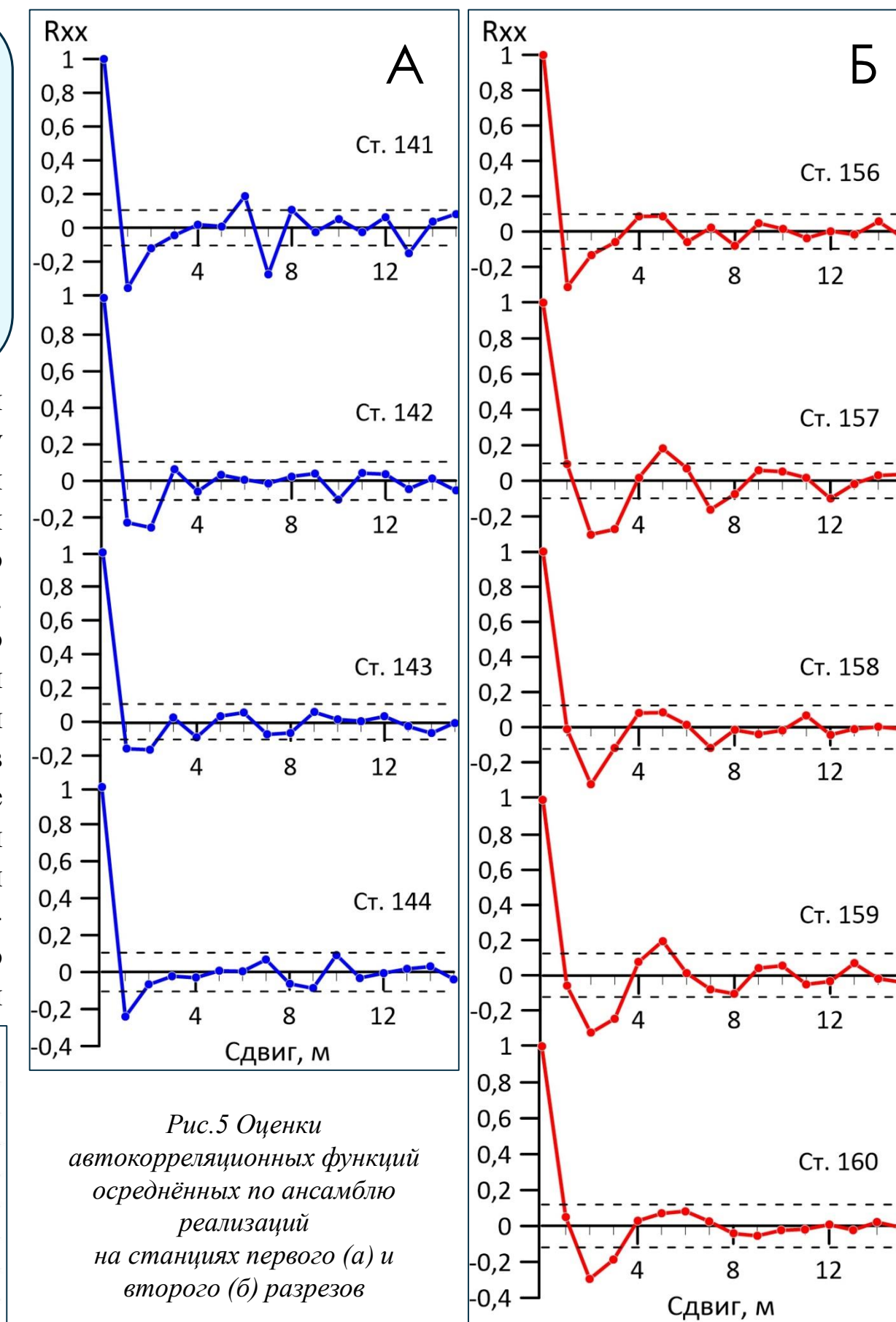


Рис.5 Оценки автокорреляционных функций осреднённых по ансамблю реализаций на станциях первого (а) и второго (б) разрезов

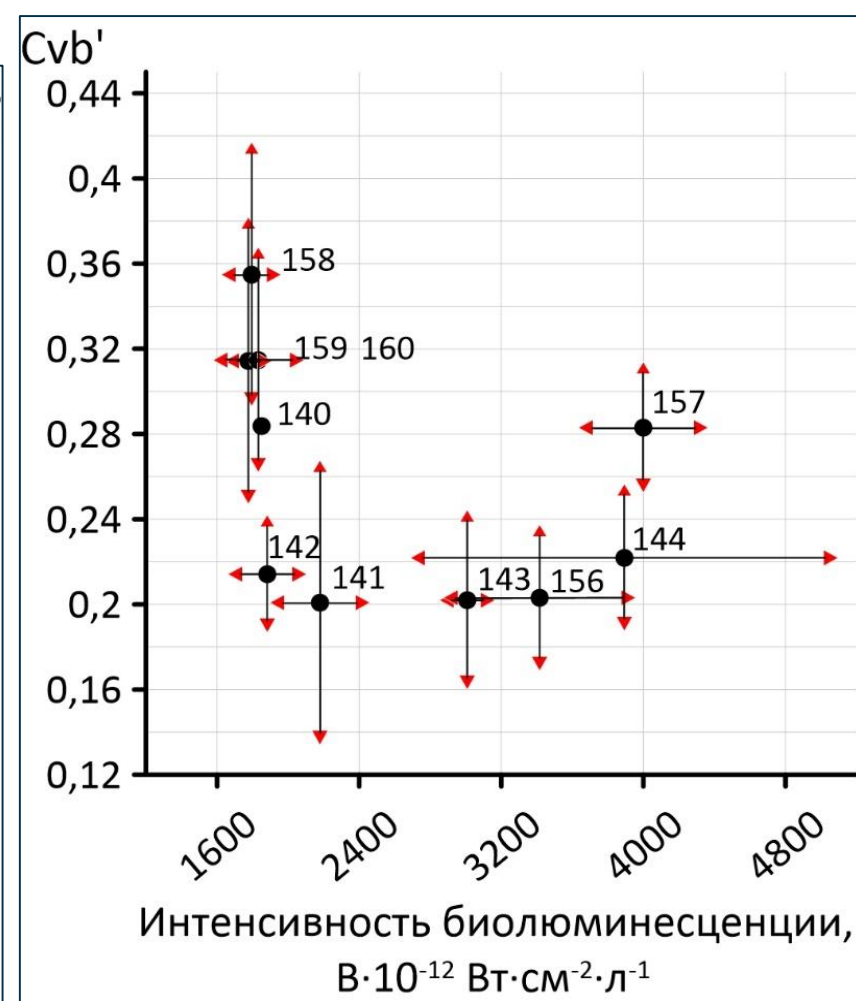


Рис.4 Распределение на станциях полигона параметров: средней интенсивности биолюминесценции и коэффициента вариации флуктуаций в зоне сливного свечения

Воды ОЧТ и циклонического образования отличались также величиной другого показателя тонкой структуры ПБ – характерным вертикальным масштабом тонкоструктурных неоднородностей. Так, на ст.ст. 157,158,159,160 их величины в два раза превышали таковые в других районах полигона, о чем свидетельствуют оценки осредненных автокорреляционных функций (рис.5 а,б).

Таким образом, показаны различия параметров, характеризующих особенности тонкой структуры ПБ в водных массах с различными гидродинамическим режимом. Эти параметры могут найти применение в ряде прикладных задач, связанных с идентификацией зон с разным уровнем динамической активности вод.