

УДК: 574.5

БОРОВКОВА К.А.

Калининград, Балтийский федеральный университет имени
Иммануила Канта

Научный руководитель – Мошаров С.А., канд. биол. наук, доцент

ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ И МЕТОДЫ ЕЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ МОРСКОГО КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА (ЮВ БАЛТИКА)

Ключевые слова: Балтийское море, первичная продукция, фитопланктон, радиоуглеродный метод, флуоресцентный метод

Аннотация: в работе проведен анализ первичной продукции Балтийского моря, а также сравнение методов ее измерения для наиболее быстрой и точной оценки. Установлено, что флуоресцентный метод является наиболее оптимальным.

Морская площадка Калининградского карбонового полигона расположена в территориальных водах РФ на восточном склоне Гданьской впадины и находится под влиянием стока реки Вислы (рисунок 1). Находясь в области интенсивной гидродинамики, акватория в районе полигона характеризуется максимальными значениями как температуры поверхности моря, так и концентрации хлорофилла «а».



Рисунок 1 – Карбоновый полигон (красный многоугольник) по данным сканера MSI-Sentinel-2A от 29 июня 2021 г. 10:00 UTC

Океанологические работы проведены в июне, октябре и ноябре 2021 г. Потенциальная фотосинтетическая способность фитопланктона (по флуоресцентному методу) в осенний период была существенно выше, чем в июле (0,7 и 0,4, соответственно). При этом реальная продукционная активность (по радиоуглеродному методу) была высокой в июле и октябре (в среднем

0,47 мгС/мг Хл/час) и снижалась в ноябре (в среднем 0,14 мгС/мг Хл/час). Концентрации хлорофилла «а» имеют два максимума: в июле ($4,9 \pm 0,4$ мг/м³) и в октябре ($4,8 \pm 1,6$ мг/м³), что отражает сезонный характер периодов активной вегетации фитопланктона, характерных для Балтийского моря. Первичная продукция (ПП) и относительная скорость электронного транспорта в фотосистеме II (rETR) в ноябре были значительно ниже, чем в июне и октябре, что соответствует завершению вегетационного сезона (снижение освещенности, температуры воды, увеличение верхнего перемешанного слоя). Во все периоды максимальная ПП была в верхнем 5-м слое.

Интегральные (для 25-м слоя) величины характеризуют существенное увеличение содержание хлорофилла «а» и скорости ПП в осенний период по сравнению с летним (таблица). При этом интегральная бактериальная деструкция (БД) наоборот существенно снизилась. Это типичная картина разнонаправленной изменчивости ПП и БД – при высокой ПП обычно наблюдается невысокая БД и наоборот.

Таблица – Интегральные величины ПП, хлорофилла и БД

Параметр	30 июня	1 октября	28 ноября
ПП-инт, мгС/м ² в сут	328,9	586,7	55,6
Содержание хлорофилла «а», мг/м ²	71,3	65,3	27,1
БД-инт, мгС/м ² в сут	724,1	180,7	58,6
БД-инт/ПП-инт, %	2,2	0,3	1,1

Радиоуглеродный метод, использующий ¹⁴С как трассер, является стандартным методом определения первичной продукции в морских экосистемах. Но метод имеет ограничения: выдерживание проб в малых флаконах в течение длительного времени при инкубировании вызывает артефакты, снижающие точность измерения ПП; процедуры данного метода трудо- и времязатратны, что значительно ограничивает скорость и объем получения данных.

Популярность приобрели методы, основанные на измерении параметров активной флуоресценции хлорофилла с помощью РАМ-флуориметров (Pulse Amplitude Modulation fluorometer). Флуоресцентный метод позволяет получить за короткий период времени больше информации с более высокой точностью без какой-либо специальной обработки и выдерживания проб [2]. Одним из ключевых компонентов для расчета ПП по параметрам флуоресценции является величина rETR. Соответственно, использование флуоресцентного метода для определения ПП требует установления коэффициента между величинами rETR (флуоресцентный метод) и скоростью синтеза органического вещества (радиоуглеродный метод) для последующего расчета ПП по флуоресцентным показателям [3]. Сравнительный анализ данных величин

показал, что между параметрами существует очень сильная корреляция, но имеющая сезонную специфику (рисунок 2).

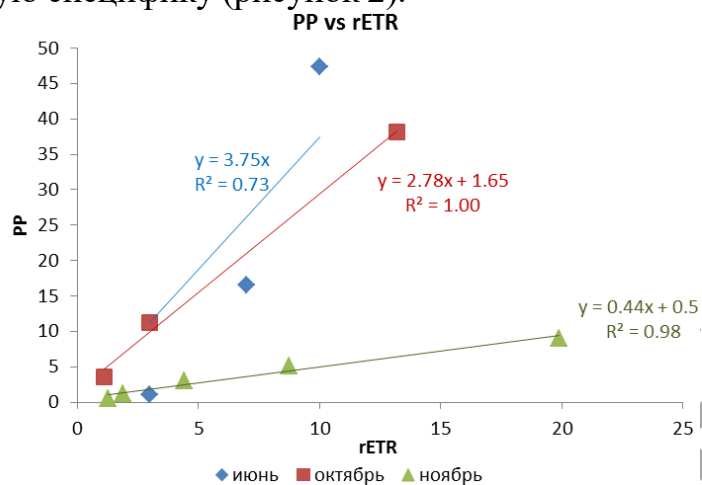


Рисунок 2 – Соотношение между результатами параллельных измерений величин rETR (флуоресцентный метод) и ПП (PP) (радиоуглеродный метод)

Таким образом, флуоресцентный метод вполне адекватно характеризует ПП фитопланктона в этом районе Балтийского моря и может быть использован как наиболее быстрый и эффективный метод мониторинга первичной продуктивности в районе исследуемого полигона. Установлено, что содержание хлорофилла «а» и скорость ПП увеличивается в осенний период по сравнению с летним, а интегральная БД наоборот, снижается.

Работа выполнена в рамках пилотного проекта по созданию полигонов для разработки и испытаний технологий контроля углеродного баланса (Приказ Минобрнауки России от 5 февраля 2021 г. №74), а также по теме госзадания ИО РАН №0128-2021-0012.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Mosharov S.A et al. Assessment of phytoplankton photosynthetic efficiency based on measurement of fluorescence parameters and radiocarbon uptake in the Kara Sea // Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2019. V. 218.
2. Suggett D.J et al.. Comparing electron transport with gas exchange: parameterising exchange rates between alternative photosynthetic currencies for eukaryotic phytoplankton // Aquat. Microb. Ecol. 2009. V. 56. P.147–162.