

# МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ПРИУСТЬЕВОЙ ЗОНЫ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ

*В.Д. Чмыр, М.И. Сеничева,  
Л.С. Щербатенко*

Институт биологии южных морей  
НАН Украины  
г. Севастополь, просп. Нахимова, 2  
E-mail: vikchm@mail.ru

*Проведено сопоставление структурных параметров фитопланктона и сезонного хода его развития в приустьевой зоне Севастопольской бухты в 2009 и 2010 гг. Прохладное лето 2009 г. отличалось высокими значениями биомассы и положительной корреляцией биологических параметров с показателями внешней среды. Для жаркого лета 2010 г. получены противоположные характеристики.*

**Введение.** Сезонное развитие фитопланктона в прибрежной зоне у Севастополя часто характеризуется ранневесенними и осенними максимумами, а также летним минимумом численности и биомассы. Однако, относительно прохладное лето 2009 г. отличалось чётким летним максимумом сезонного развития, графическое изображение которого имеет характерную куполообразную форму (Чмыр, Сеничева, 2010) Последовавшее жаркое лето 2010 г. вернуло привычную картину летнего минимума. Задачей настоящего исследования является сопоставление характера сезонного развития, структурных особенностей и корреляционных связей фитопланктона с показателями среды по данным наблюдений 2009 и 2010 гг.

**Материал и методика.** Сопоставление проведено по результатам мониторинга структурных параметров фитопланктона поверхностного слоя на трёх станциях, расположенных в приустьевой зоне Севастопольской бухты. На ежемесячных комплексных съёмках эти наблюдения сопровождалось измерениями гидрофизических и гидрохимических показателей. Для анализа использованы 65 параллельных измерений биомассы фитопланктона в углеродном выражении и концентрации хлоро-

филла А (Хл А), полученные в 2009 г., а также 61 измерение биомассы и 50 параллельных определений Хл А, выполненные в 2010 г.

Определение биомассы фитопланктона и концентрации хлорофилла А, а также оценка содержания вещества физиологически пассивных клеток в составе биомассы проводили согласно методикам, изложенным в наших предыдущих публикациях [1 – 3].

Данные о показателях внешней среды, использованные для расчёта корреляционных связей со структурными параметрами фитопланктона (табл. 1), любезно предоставлены сотрудниками отдела Марикультуры и ПО Е.А. Куфтарковой и И.Ю. Ерёминым.

**Результаты и обсуждение.** Проведенные исследования позволили сопоставить сезонный ход и структурные параметры фитопланктона за 2009 и 2010 гг. Из них 2010 г. отличался аномально жарким летом, когда поверхностная температура в августе была на 4-5 градусов выше обычно наблюдаемой. Это сопровождалось значительными изменениями в развитии фитопланктона в летнее время.

Прежде всего, следует отметить изменения таксономического состава. Если летом 2009 г. относительно высокая биомасса фитопланктона состояла, главным образом, из крупных клеток диатомовых, то летом 2010 г. в ней зачастую преобладали золотистые и перидиниевые.

Высокие температуры воды летом 2010 г. привели к резкому падению биомассы фитопланктона (с минимальными значениями в августе), а также к существенному изменению характера сезонного развития основных структурных параметров, что частично представлено на графиках сезонного хода биомассы на трёх станциях с выделением ожидаемой доли физиологически пассивного фитопланктона (рис. 1).

В августе 2009 г., когда температура поверхностного слоя была равна 23,4 – 23,8 °С, биомасса фитопланктона на всех трёх станциях находилась в пределах 307 – 716 мг С/м<sup>3</sup>.

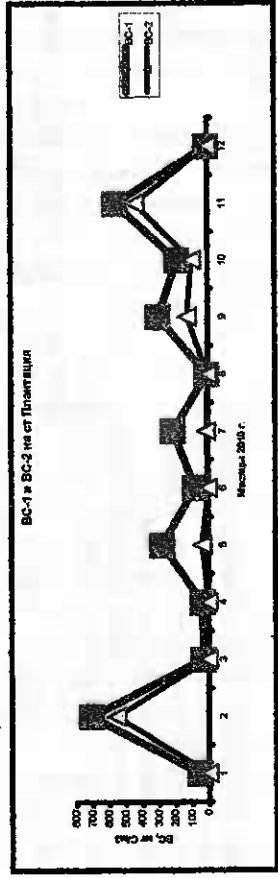
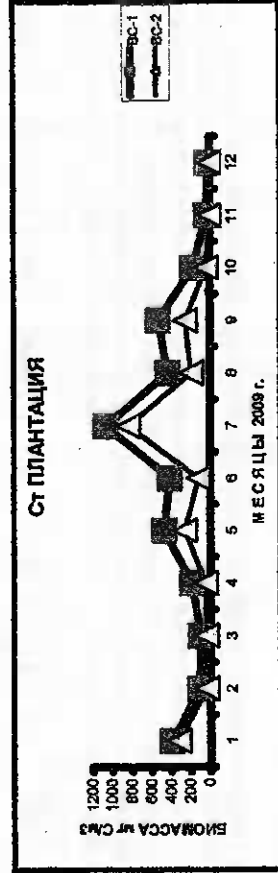
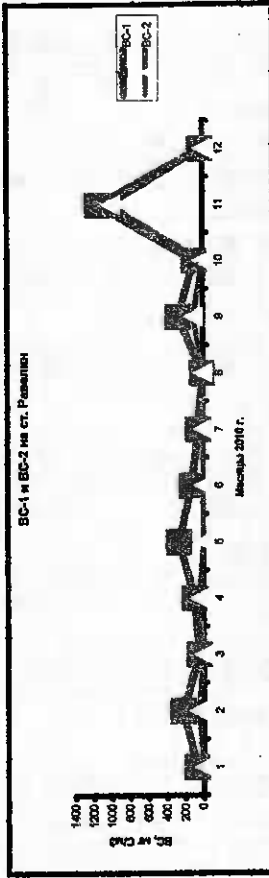
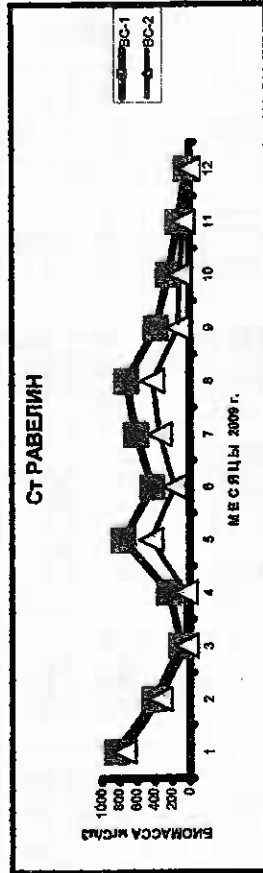
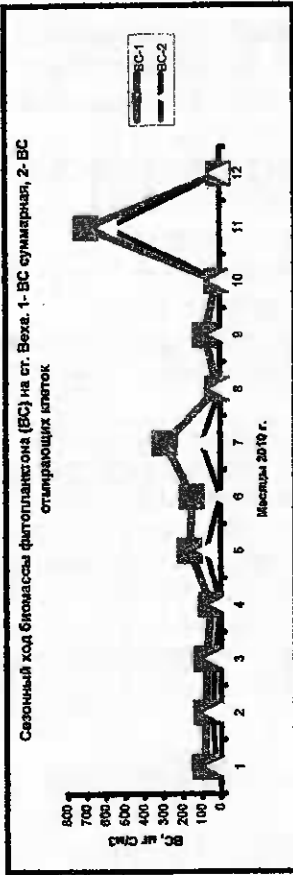
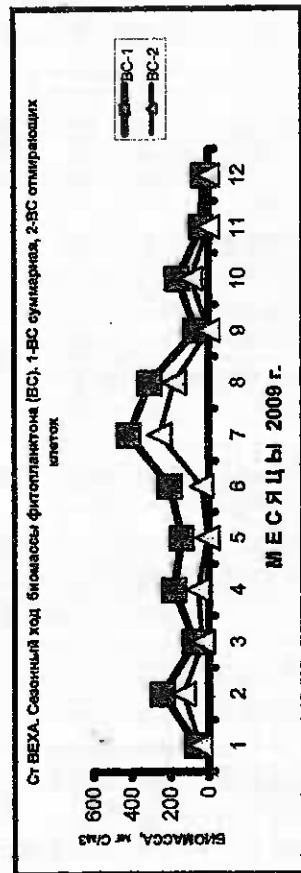
Таблица 1

Матрица корреляционных связей (R) между структурными параметрами фитопланктона (1), а также между ними и параметрами среды (2) по результатам сезонных наблюдений в поверхностном слое на четырёх станциях у входа в Сивертопольскую бухту, Стерху 2009 г., зиму 2010 г. BC – биомасса фитопланктона в ультрафиолетовом излучении; Хл А – содержание хлорофилла А; N – суммарная численность фитопланктона (с' cell) – средняя масса клеток фитопланктона; DC – биомасса диатомовых; DC/BC – содержание диатомовых в суммарной биомассе; Свет – интенсивность света; T – температура; NO<sub>2</sub> – концентрация нитритов; NO<sub>3</sub> – концентрация нитратов; NH<sub>4</sub> – концентрация аммиака; NO – концентрация оксидов азота; PO<sub>4</sub> – концентрация фосфатов; P<sub>o</sub> – концентрация органического фосфора; Si – концентрация кремния

2009 год: (1) 65 дат; (2) 21 дата

	BC	Хл А	BC/Хл	N	Ccell	DC	DC/BC	Свет	T	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	No	PO <sub>4</sub>	P <sub>o</sub>	Si
BC	1	0,594	0,903	0,425	0,313	0,940	0,457	0,500	0,091	0,257	0,158	0,249	-0,20	0,170	-0,04	-0,54
Хл А	0,576	1	0,281	0,217	0,177	0,555	0,429	0,381	0,158	0,178	0,244	0,377	0,103	0,086	-0,09	-0,47
BC/Хл	0,835	0,250	1	0,382	0,356	0,840	0,436	0,535	0,107	0,180	0,032	0,068	-0,25	0,123	0,109	-0,48
N	0,496	0,581	0,396	1	-0,34	0,176	-0,13	-0,00	-0,28	0,739	0,310	0,293	-0,20	0,383	-0,39	-0,08
Ccell	0,193	-0,06	0,316	-0,38	1	0,437	0,491	0,559	0,499	-0,32	-0,19	-0,01	-0,26	0,009	0,400	-0,32
DC	0,977	0,53	0,77	0,404	0,265	1	0,617	0,466	0,025	0,296	0,199	0,286	-0,11	0,186	-0,12	-0,51
DC/BC	0,47	0,366	0,336	0,160	0,196	0,553	1	0,417	-0,11	0,242	0,191	0,171	0,226	0,100	-0,28	-0,15
Свет	-0,32	-0,31	-0,21	-0,26	0,11	-0,34	-0,25	1	0,912	-0,39	-0,62	-0,16	-0,81	0,271	0,688	-0,37
T	-0,22	-0,20	-0,18	-0,33	0,246	-0,22	-0,22	0,869	1	-0,53	-0,64	-0,04	-0,69	0,043	0,787	-0,50
NO <sub>2</sub>	0,089	0,238	0,007	0,363	-0,12	0,010	-0,02	-0,11	-0,16	1	0,494	0,238	0,116	0,642	-0,69	0,173
NO <sub>3</sub>	-0,06	-0,10	-0,14	0,134	0,130	-0,03	0,066	-0,26	-0,44	0,325	1	0,358	0,373	0,0003	-0,46	0,106
NH <sub>4</sub>	-0,19	-0,24	-0,22	-0,11	-0,13	-0,18	-0,32	-0,08	0,005	-0,21	-0,18	1	0,028	-0,02	-0,12	-0,23
No	0,118	0,244	0,083	0,327	-0,12	0,076	0,251	0,158	0,114	0,290	-0,04	-0,13	1	-0,02	-0,48	0,275
PO <sub>4</sub>	0,391	0,454	0,119	0,257	0,460	0,484	0,475	-0,57	0,051	-0,02	0,141	-0,30	-0,16	1	-0,32	0,215
P <sub>o</sub>	-0,12	-0,16	-0,05	-0,19	-0,13	-0,12	-0,03	0,142	0,246	-0,22	-0,19	-0,02	0,163	-0,24	1	-0,49
Si	0,131	0,118	0,036	-0,01	0,013	0,150	0,103	-0,58	-0,59	0,211	0,505	-0,19	-0,11	0,030	-0,12	1
	BC	Хл А	BC/Хл	N	Ccell	DC	DC/BC	Свет	T	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	No	PO <sub>4</sub>	P <sub>o</sub>	Si

2010 год: (1) 50 – 61 дата; (2) 30 дат



Р и с. 1. Сезонный ход биомассы фитопланктона ( $\text{мг С} / \text{м}^3$ ) в поверхностном слое приустьевой зоны Севастопольской бухты на станциях Веха, Равелин и Плантация. Слева – 2009, справа – 2010 г.  
BC-1 – суммарная биомасса, BC-2 – биомасса отмирающих клеток

В августе 2010 г. при температуре 28,83 – 29,18 °С биомасса упала до исчезающе низких значений 8 – 14 мг С/м<sup>3</sup>.

Сопоставим уровни биомассы фитопланктона на протяжении мая – августа 2009 и 2010 гг.

На самой «мористой» станции «Ве-ха» биомасса находилась в пределах: в 2009 г. от 141 до 416 (среднее 267 мг С/м<sup>3</sup>), а в 2010 г. от 14 до 290 (ср. 156 мг С/м<sup>3</sup>).

В пределах акватории, ограниченной моллом, различия были гораздо существенней. На станции «Равелин» биомасса находилась в пределах: в 2009 г. от 424 до 749 (ср. 624 мг С/м<sup>3</sup>), а в 2010 г. от 8 до 268 (ср. 114 мг С/м<sup>3</sup>); на ст. «Плантация» в 2009 г. от 412 до 1066 (ср. 597 мг С/м<sup>3</sup>), а в 2010 г. от 8 до 278 мг (ср. 143 мг С/м<sup>3</sup>). Т.о. если на «мористой» станции «Ве-ха» средние значения за период с мая по август отличались только в 1,71 раза, то на «внутренних» станциях эти различия достигают значений 4,17 – 5,47 раза.

Чёткими были также различия сопоставляемых годов по содержанию пассивного вещества в составе биомассы фитопланктона. Минимальными эти различия были на «мористой» станции «Ве-ха»: в мае – августе 2009 г. его содержание составляло от 5 до 62 (ср. 36 %), а в 2010 г. от 0 до 47 (ср. 20 %). На станции «Равелин» содержание пассивного вещества составляло: в 2009 г. от 41 до 59 (ср. 54 %), а в 2010 г. его содержание было равно нулю по всем измерениям. На станции «Плантация» содержание пассивного вещества составляло в 2009 г. от 30 до 79 (ср. 52 %), а в 2010 г. от нуля до 13 (ср. 3 %).

Следовательно, летом 2009 г. высоким было также и содержание пассивного вещества в составе биомассы, летом же 2010 г. оно было незначительным.

Изменился также характер корреляционных связей между биологическими параметрами и показателями среды, что представлено в матрице корреляционных связей (табл. 1).

Если для 2009 г. характерна положительная корреляция основных структурных параметров фитопланктона (суммарная биомасса ВС, хлорофилл Хл А, биомасса диатомовых DC, а также про-

изводные от них значения ВС/Хл А и DC/BC) с интенсивностью света и температурой, а также концентрацией биогенных соединений NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, то для 2010 г. характерна отрицательная корреляция основных структурных параметров со светом и температурой, а также с концентрацией NO<sub>3</sub> и NH<sub>4</sub>. И наоборот, отрицательная корреляция структурных параметров с концентрацией кремния в 2009 г. изменяется на положительную в 2010 г.

**Заключение.** Проведенное исследование показывает определяющее воздействие температурных условий на таксономический состав, характер сезонного и уровень количественного развития фитопланктона, а также на направленность корреляционных связей между структурными параметрами фитопланктона и показателями внешней среды. Затронутые вопросы представляют интерес в связи с обсуждаемой проблемой «глобального потепления».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чмыр В.Д., Сеничева М.И. Особенности структуры сообществ фитопланктона приустьевой зоны Севастопольской бухты // Системы контроля окружающей среды / Средства, информационные технологии и мониторинг. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2009. – С. 401 – 406.
2. Чмыр В.Д., Сеничева М.И. Отношение углерод/хлорофилл А как показатель возраста естественных популяций фитопланктона // Наукові записки Тернопільського нац. пед. університету. Серія Біологія. Спец. випуск: Гідроекологія. – 2010. – № 3 (44). – С. 305 – 309.
3. Чмыр В.Д., Сеничева М.И., Литвинюк Д.А., Латушко В.А. Структурно-функциональные параметры планктона Черноморского побережья // Системы контроля окружающей среды / Средства, модели и мониторинг. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2007. – С. 335 – 338.