

4.3. Состояние экосистемы юго-восточной части Балтийского моря

Экологический мониторинг по гидробиологическим показателям в юго-восточной части Балтийского моря (Калининградская область) в 2003-2007 гг. проводился специалистами ИГКЭ в рамках программы производственного экологического мониторинга ООО ЛУКОЙЛ-Калининградморнефтегаз

За период 2003-2007 гг. с участием сотрудников ИГКЭ было проведено 17 экспедиций на НИС «Профессор Штокман» (рис. 4.2.).

В 2007 г. исследования включали изучение состояния бактериопланктона (численность, биомасса, продукция бактериальной биомассы, численность углеводородокисляющих микроорганизмов) и состояния зоопланктона (видовой состав, численность, биомасса). Наблюдения проводились в марте, июле и октябре.

Бактериопланктон

Микроорганизмы являются важным структурно-функциональным компонентом морского планктона, основой важнейших экосистемных процессов. Микробиологический мониторинг в настоящее время имеет особое значение, так как микроорганизмы первые подвергаются влиянию антропогенного пресса и могут служить, таким образом, индикаторами состояния экосистемы. Для оценки изменений состояния морской экосистемы применяются микробиологические показатели, такие как общая численность и биомасса бактериопланктона. Общую численность бактерий определяли методом Разумова на мембранных фильтрах «Синпор» с диаметром пор 0,23 мкм.

Зимний сезон. В начале марта уровень развития микробоценоза был сравнительно невысоким, характерным для зимнего периода. Общая численность бактерий колебалась от 511 до 1652 тыс. кл/мл, биомасса бактерий - от 13,98 до 36,22 мкг С/л. (табл. 4.5., рис. 4.3.). В среднем величины общей численности и биомассы бактерий достигали соответственно 1247 тыс. кл/мл и 32,43 мкг С/л. Максимальные численность и биомасса бактерий были отмечены в прибрежном районе, минимальные - в районе нефтяной платформы. Как правило, наиболее высокие количественные показатели бактериопланктона отмечались в поверхностных слоях водной толщи. В 2007 г. уровень развития микроорганизмов в зимний период был в 1,3 раза выше, чем в 2005 и 2006 гг.

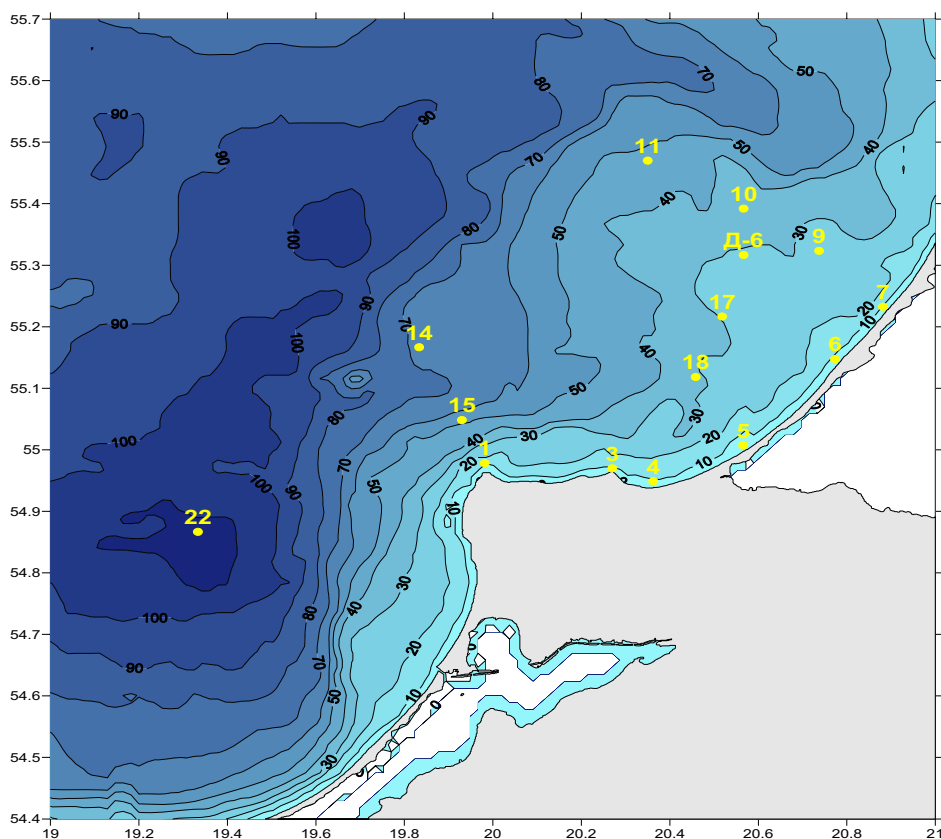


Рис. 4.2. Расположение станций экологического мониторинга в Балтийском море в 2003-2007 гг.

Наиболее вероятная численность (НВЧ) сапрофитной гетеротрофной микрофлоры, способной окислять нефтяные углеводороды, в марте был невысокой. На большинстве горизонтов обследованных станций численность нефтеокисляющих микроорганизмов составляла от 0 до 10^2 кл/мл (табл. 4.5.). Самые низкие значения численности этой группы отмечены на станциях со средними глубинами. В более глубоководных частях района на отдельных горизонтах 30-108 м уровни развития нефтеокисляющих микроорганизмов повышались до 10^3 кл/мл. Каких-либо негативных тенденций изменчивости численности этой группы организмов в зимние сезоны 2004-2007 гг. не выявлено.

Летний сезон. В июле концентрация бактериального населения была достаточно высокой. Уровень развития микроорганизмов летом был в 1,4 раза выше, чем зимой. Общая численность бактерий колебалась от 404 до 1822 тыс. кл/мл, биомасса - от 10,52 до 47,38 мкг С/л с максимумами в прибрежном районе (рис. 4.3., табл. 4.6.). Минимальные величины количественных характеристик микроорганизмов были отмечены в глубоководной части моря. В среднем величины общей численности и биомассы бактерий достигали соответственно 412 тыс. кл/мл. и 36,71 мкг С/л. Максимальная численность и биомасса бактерий отмечались в поверхностных слоях, с глубиной концентрация микроорганизмов снижалась.

Уровень развития микроорганизмов, способных окислять сырую нефть, в летний период 2007 г. варьировал от 10 до 10^4 кл/мл. Минимальные значения НВЧ нефтеокисляющих микроорганизмов были определены на ст. 1 и 9L, где составляли $10 \cdot 10^2$ кл/мл. На большинстве станций района мониторинга плотность этой группы микроорганизмов увеличивалась с глубиной и была максимальной в придонных слоях. Самые высокие уровни количественного развития нефтеокисляющих микроорганизмов, 10^4 кл/мл - были характерны для прибрежной мелководной зоны, а также для восточной глубоководной области. В целом, значения НВЧ нефтеокисляющих микроорганизмов летом 2007 г. не отличалась от ранее полученных значений в 2003-2007 гг.

Осенний сезон. Исследования, выполненные в осенний период, показали характерные для осеннего периода низкий уровень развития и относительно равномерное распределение микрофлоры по акватории района. Концентрация бактериопланктона изменялась незначительно - от 375 до 532 тыс. кл/мл (рис. 4.3., табл. 4.7.). Распределение бактериопланктона в водной толще было относительно однородным, что, вероятно, связано с осенней конвекцией водных масс.

В октябре 2007 г. уровень развития гетеротрофных микроорганизмов, трансформирующих нефтяные углеводороды, в обследованной части района мониторинга был сопоставим с летними показателями и изменялся от 10 до 10^4 кл/мл (табл. 4.7.). Самые низкие значения НВЧ нефтеокисляющих микроорганизмов были отмечены восточнее нефтяной платформы (ст. 9), где составляли $10 \cdot 10^2$ кл/мл. Максимальная численность этой группы микроорганизмов была определена в западной глубоководной части района на ст. 22 - от 10^3 до 10^4 кл/мл. Существенных изменений количественных характеристик развития нефтеокисляющих микроорганизмов осенью 2007 г., по сравнению с более ранним периодом, не выявлено.

Зоопланктон

Зимний период. В марте 2007 г., как и в 2004-2006 гг., основную часть сообщества зоопланктона составляли веслоногие рачки копеподы. Доля их численности варьировала от 73 до 97 % от общей численности, доля биомассы - от 56 до 99 % от общей биомассы зоопланктона. В составе копепоид доминировали *Acartia spp.* и *Temora longiremis*. По сравнению с предыдущими исследованиями, зимой 2007 г. численность *Acartia spp.* и *T. longiremis* существенно не изменилась, в то время как биомасса уменьшилась, иногда на порядок, за счет преобладания в пробах ранних мелкоразмерных стадий развития. Возможно, в популяциях этих видов произошли сдвиги к более ранним срокам размножения в условиях меняющегося климата. Значения численности и биомассы субдоминирующего вида *Centropages hamatus* на большей части района оказались минимальными за все зимние сезоны 2004-2007 гг. Средняя численность *Pseudocalanus minutus* за период зимних исследований 2004-2007 гг. была наименьшей в марте 2007 г. этого вида. Особенностью зимнего сезона 2007 г. было аномально массовое, характерное для весенне-летнего периода, развитие солоноватоводного вида *Eurytemora hirundoides* в районе мыса Таран (ст. 1), связанное с опреснением.

Численность коловраток зимой 2007 г., как и в предыдущие зимние сезоны, была низкой и не превышала 8 % от общей численности зоопланктона. Количество личинок донных животных также было низким, что характерно для зимнего периода.

Общая численность зоопланктона в районе мониторинга зимой 2007 г. варьировала незначительно - от 3.4 до 5.9 тыс. экз./м³. По сравнению с предыдущими исследованиями, численность зоопланктона уменьшилась и на некоторых станциях была минимальной за весь период зимних наблюдений. Биомасса зоопланктона в марте 2007 г. изменялась в пределах от 20.0 до 61.9 мг/м³ и была максимальной в районе нефтепровода (ст. 18., рис. 4.4, 4.5.). Величины биомассы зоопланктона, по сравнению с зимними сезонами 2004-2006 гг., существенно снизились, за исключением ст. 1 и 18, и оказались самыми низкими за зимний период исследований (табл. 4.8.).

Летний период. Особенностью сообщества зоопланктона в районе исследований в июле 2007 г. было практически повсеместное доминирование веслоногих ракообразных. Доля численности копепоид варьировала от 44 % на мелководье до 98 % от общей численности зоопланктона в глубоководной области. Доля биомассы копепоид была еще более значительной - от 58 до 100 % от суммарной массы зоопланктона. Как правило, подобная структура зоопланктона характерна для более холодных осенне-зимних сезонов года. В составе копепоид доминировали популяции *T. longiremis* и *Acartia spp.* На ст. 12 была определена самая высокая биомасса *T. longiremis* за весь период наблюдений 2003-2007 гг. - 1380.2 мг/м³. В восточной глубоководной части района существенных значений достигали числен-

4. Комплексная оценка состояния окружающей среды отдельных регионов и природных объектов

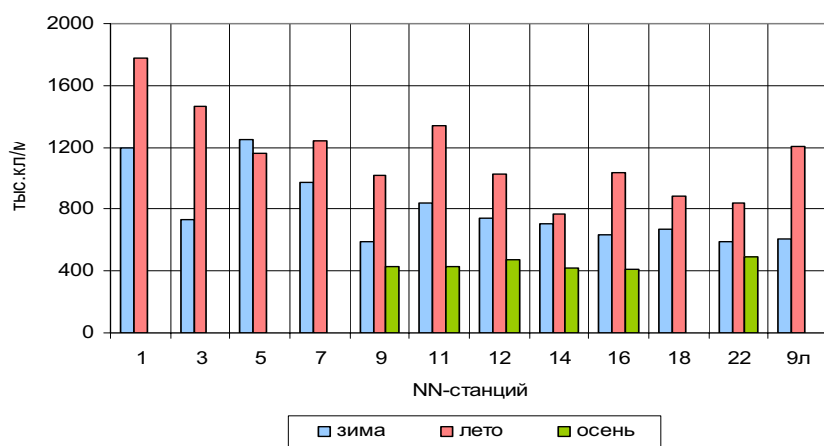


Рис. 4.3. Распределение общей численности бактерий (ОЧБ) в юго-восточной части Балтийского моря в 2007 г.

NN-станций и даты отбора проб	Горизонты, м	Количество бактерий, тыс.кл/мл	Биомасса бактерий, мкг С/л	НВЧ нефте-кисляющих микроорганизмов, кл/мл
1	0	1392	36,20	100
5.03.07	15	1009	26,24	100
3	0	851	22,14	100
5.03.07	14	609	15,83	100
5	0	843	21,92	100
5.03.07	10	1652	42,95	100
7	0	655	17,05	100
4.03.07	8	1294	33,65	10
9	0	621	16,16	10
4.03.07	10	626	16,21	10
	25	511	13,28	10
	0	852	22,14	10
11	10	834	21,70	10
4.03.07	30	1085	28,23	10
	47	583	15,17	1000
	0	881	22,91	100
12	10	796	20,70	0
3.03.07	30	647	16,83	1000
	60	592	15,38	10
	82	779	20,26	100
	0	860	22,36	100
14	10	805	21,92	10
2.03.07	30	715	18,60	10
	50	578	15,26	1000
	70	566	14,72	10
	0	711	18,48	0
16	10	717	18,38	10
3.03.07	30	562	14,61	0
	47	532	13,84	100
18	0	698	18,15	10
3.03.07	10	681	17,71	10
	31	643	16,71	10
	0	600	15,60	10
22	10	592	15,38	10
2.03.07	30	583	15,15	100
	50	613	15,94	100
	80	592	15,38	-
	108	570	14,83	1000
9л	0	609	15,23	10
4.03.07	10	621	16,16	10
	29	604	15,72	10

NN-станций и даты отбора проб	Горизонты, м	Количество бактерий, тыс.кл/мл	Биомасса бактерий, мкг С/л	НВЧ нефте-кисляющих микроорганизмов, кл/мл
1	0	1733	45,05	100
3.07.07	18	1822	47,38	100
3	0	1545	40,17	100
3.07.07	13	1388	36,09	10000
5	0	1094	28,45	10
5.07.07	7	1235	32,10	1000
7	0	1239	32,21	100
5.07.07	10	1243	32,32	10000
	0	1115	29,00	100
9	10	1068	27,78	100
5.07.07	25	877	22,80	1000
	0	1733	45,06	10
11	10	1754	45,01	1000
4.07.07	30	1052	27,34	100
	46	800	20,81	100
	0	1660	43,17	10
12	10	1294	33,65	100
4.07.07	30	1021	26,57	1000
	50	647	16,83	1000
	80	498	12,95	10000
	0	1384	35,98	100
14	10	971	25,24	100
3.07.07	30	579	15,05	100
	50	485	12,62	100
	67	404	10,52	1000
	0	1371	35,65	10
16	10	1184	30,77	100
3.07.07	30	924	24,02	100
	48	668	17,38	1000
18	0	1154	30,00	100
5.07.07	10	745	19,37	1000
	30	749	19,48	10000
	0	1426	37,08	100
22	10	1171	30,44	100
2.07.07	30	779	20,25	100
	50	617	16,05	1000
	80	562	14,61	1000
	106	477	12,40	100
9л	0	1643	42,73	100
4.07.07	10	1222	31,77	10
	31	749	19,48	100

ность и биомасса *P. minutus* - зарегистрированные здесь значения оказались максимальными за весь период наблюдений 2003-2007 гг. Морской вид *O. similis* летом в районе мониторинга не встречался, что свидетельствует об отсутствии подходящих условий для развития этого вида в прогретых опресненных водах района.

В июле 2007 г. значение коловраток - другой, обычно массовой летом группы, было существенным только в мелководном районе. Здесь доля численности коловраток составляла от 18 до 52 % от общей численности зоопланктона. По сравнению с предыдущими летними исследованиями, численность коловраток в целом оказалась ниже. В отличие от более ранних исследований, численность теплолюбивых ветвистоусых рачков в районе мониторинга в июле 2007 г. была самой низкой за всё время летних наблюдений. Численность личинок донных беспозвоночных в летних пробах 2007 г., как и в июле 2003-2006 гг., была невысокой.

Общая численность зоопланктона в июле 2007 г. варьировала от 25.0 до 141.2 тыс.экз./м³, биомасса - от 167.2 до 2021.0 мг/м³ (рис. 4.6, 4.7.). Максимальные значения численности зоопланктона были определены в мелководной зоне района, минимальные - в его западной части. Величины биомассы зоопланктона оказались наиболее высокими в центральной и восточной части района с глубинами 50-80 м. Средняя численность зоопланктона, рассчитанная на повторяющихся станциях в июле 2007 г. оказалась несколько ниже, чем в июле 2003-2006 гг., прежде всего из-за сокращения численности мелкоразмерных коловраток в более холодных условиях (табл. 4.5.). В то же время, средние значения биомассы зоопланктона, рассчитанные на тех же станциях, находились в рамках межгодовой изменчивости.

Табл. 4.7. Общая численность и биомасса бактериопланктона в юго-восточной части Балтийского моря осенью 2007 г.

NN-станций	Горизонты, м	Количество бактерий, тыс.кл/мл	Биомасса бактерий, мкг С/л	НВЧ нефтеокисляющих микроорганизмов, кл/мл
9	0	421	10,96	10
	10	430	11,18	10
	25	430	11,18	100
11	0	451	11,73	10
	10	443	11,51	10
	30	413	10,74	1000
	45	400	10,41	10
12	0	519	13,51	100
	10	532	13,84	1000
	30	502	13,06	100
	50	421	10,95	1000
	80	404	10,52	100
14	0	464	12,07	100
	10	455	11,84	100
	30	421	10,96	100
	50	387	10,07	100
	68	375	9,74	1000
16	0	434	11,29	10
	10	421	10,96	10
	30	409	10,63	1000
	47	392	10,18	100
22	0	515	13,40	10
	10	519	13,50	1000
	30	515	13,40	1000
	50	489	12,73	10000
	75	494	10,51	1000
	106	396	10,29	10000

Табл. 4.8. Средние значения численности и биомассы зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря в 2003-2007 гг., рассчитанные на повторяющихся станциях (1, 7, 9, 9L, 11, 12, 14, 18, 22)

Годы, сезоны	Численность, тыс.экз./м ³				Биомасса, мг/м ³			
	Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень
2004 г.		79,1	208,7	18,9		421,1	861,5	102,4
	4,0	74,7	82,3	29,2	87,8	342,9	665,2	249,1
2005 г.	8,2	63,6	121,2	46,3	92,8	291,9	917,2	260,6
2006 г.	6,7		74,8	40,8	180,0		615,9	366,6
2007 г.	4,6		65,3	24,3	36,8		703,8	140,3

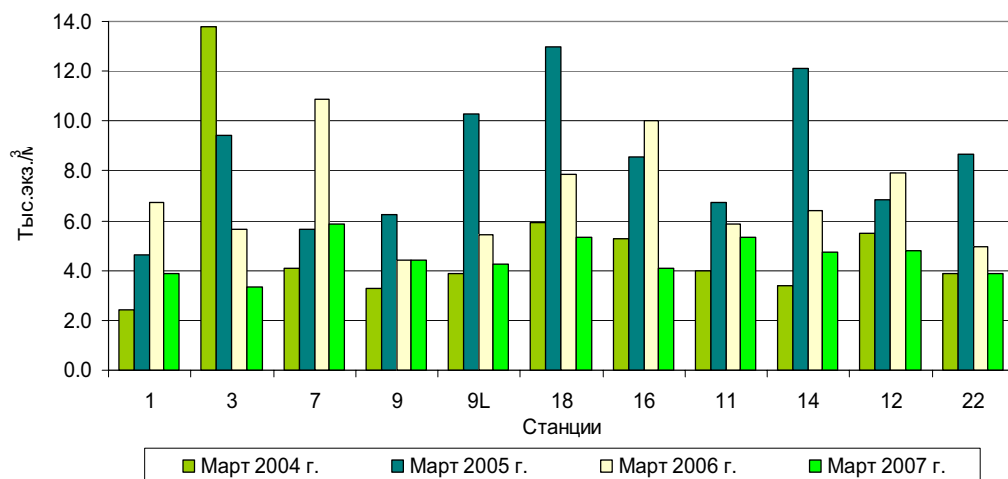


Рис. 4.4. Численность зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря зимой 2004-2007 гг.

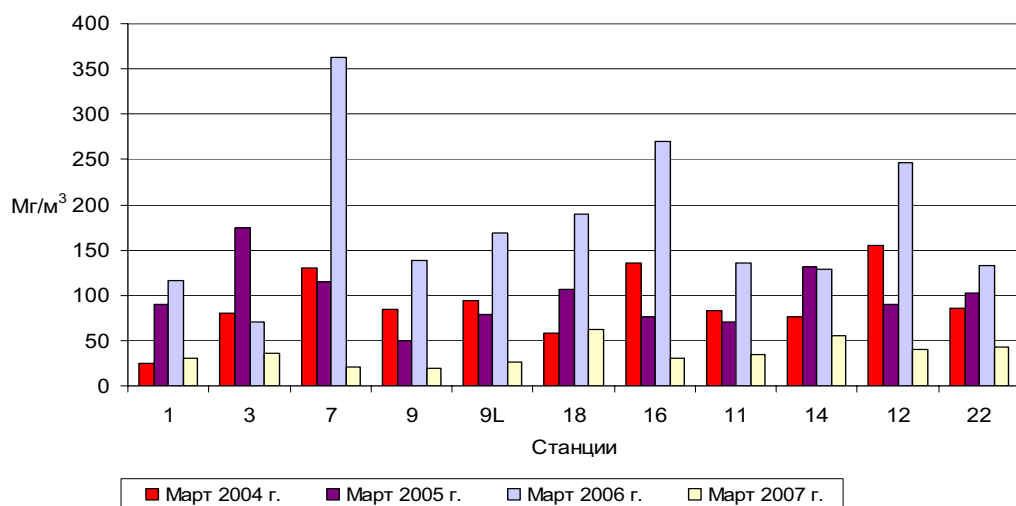


Рис. 4.5. Биомасса зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря зимой 2004-2007 гг.

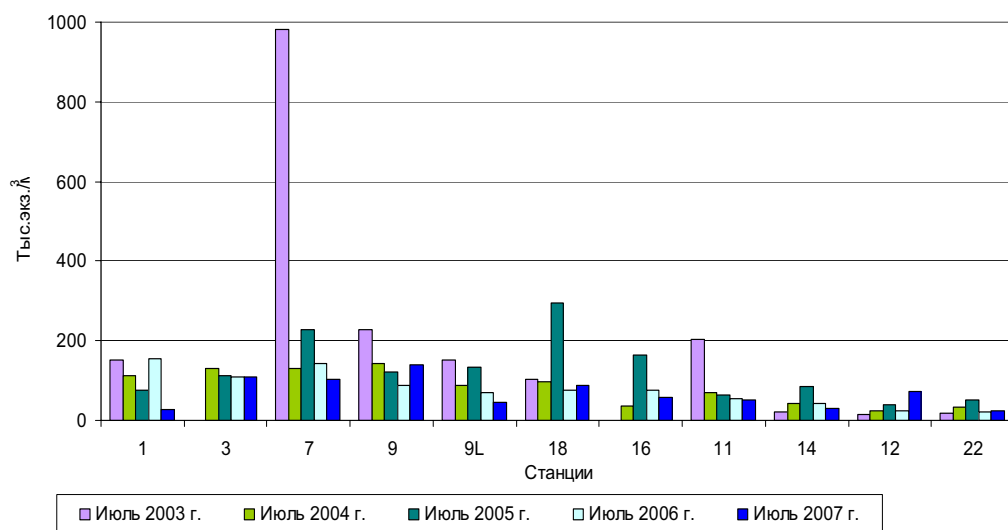


Рис. 4.6. Численность зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря летом 2003-2007 гг.

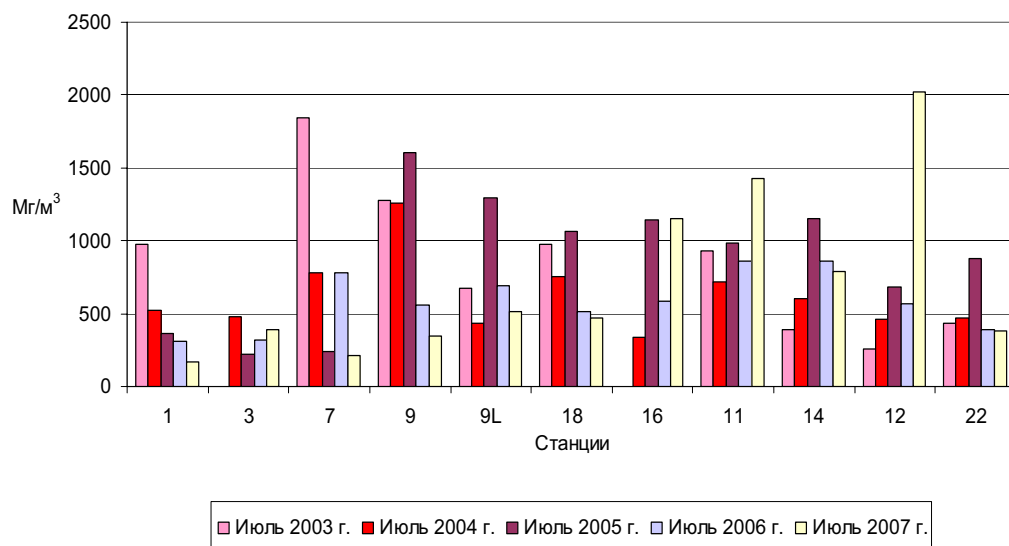


Рис. 4.7. Биомасса зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря летом 2003-2007 гг.

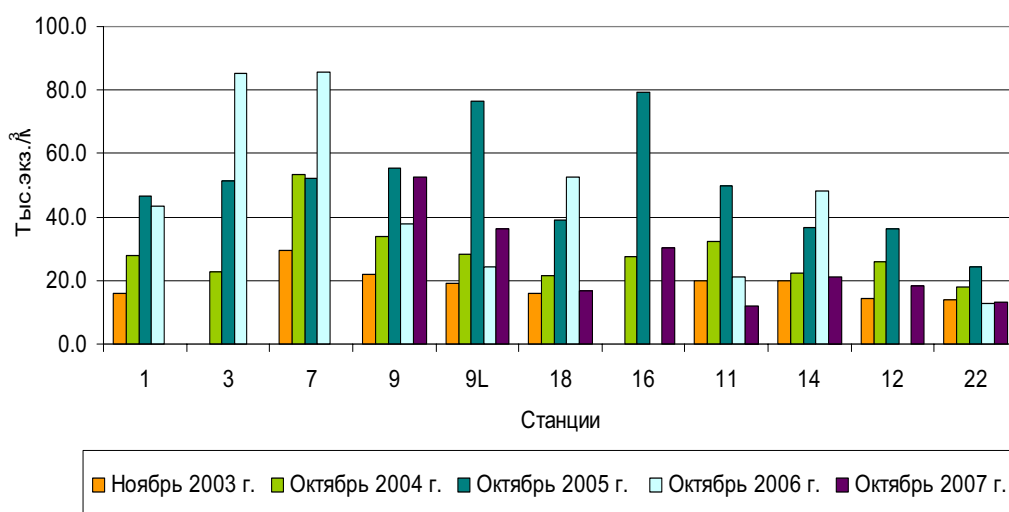


Рис. 4.8. Численность зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря осенью 2003-2007 гг.

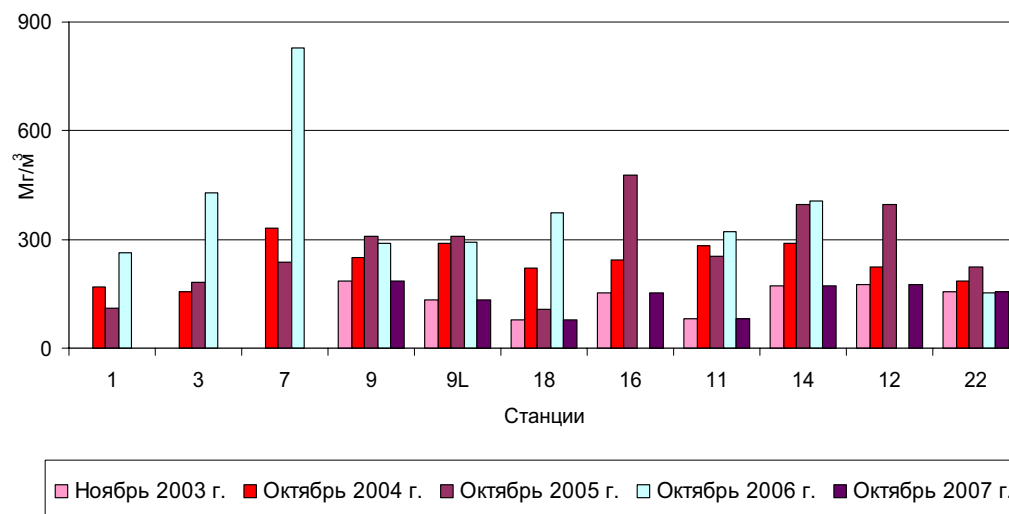


Рис. 4.9. Биомасса зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря 2003-2007 гг.

Осенний период. В октябре 2007 г. в сообществе зоопланктона преобладали веслоногие ракообразные и коловратки. На глубоководных станциях доминировали копеподы, составлявшие до 92 % от общей численности. На участках со средними глубинами наиболее массовыми были коловратки. Среди копепод доминировали рачки *Acartia spp.*. Существенно меньшее значение имел другой массовый вид *T. longicornis*. Особенностью осеннего сезона 2007 г. было массовое развитие *C. hamatus*. В то же время осенью 2007 г. в обследованном районе было отмечено минимальное за все время наблюдений содержание крупного холодноводного стеногалинного рачка *P. minutus*. Единичные особи морского вида *O. similis* встречались в придонных слоях глубоководных станций. Численность этого вида была минимальной за период осенних наблюдений в 2003-2007 гг.

Численность коловраток, преимущественно *Synchaeta baltica*, в осенний сезон 2007 г. была аномально высокой и близкой летним значениям на станциях со средними глубинами. Уровень развития коловраток на станции 9 были максимальным за весь период осенних наблюдений 2003-2007 гг. Другие группы зоопланктона были малочисленными. Ветвистосые рачки *Cladocera* встречались, в основном, на глубоководных станциях. Численность *Cladocera* оказалась ниже, чем в 2004-2006 гг. и сопоставима со значениями ноября 2003 г.

Личинки донных животных - многощетинковых червей (*Polychaeta*), двусторчатых моллюсков (*Bivalvia*), усоногих рачков (*Cirripedia*) в осенних пробах зоопланктона встречались редко. Численность личинок полихет была максимальной вблизи нефтяной платформы (ст. 9L). Численность молодежи полихет на ст. 9L в период осенних наблюдений 2003-2007 гг. возросла в несколько раз и была максимальной в 2007 г. На других участках района мониторинга тенденций изменения численности личинок полихет не выявлено.

Осенью 2007 г. общая численность зоопланктона в обследованном районе мониторинга (кроме прибрежных станций 1, 3 и 7, где наблюдения провести не удалось) изме-

нялась в пределах от 12.0 тыс.экз./м³ до 52.5 тыс.экз./м³ (рис. 4.8.). В среднем численность зоопланктона в октябре 2007 г. составила 24.3 тыс.экз./м³, что сопоставимо со значениями, полученными в 2003 и 2004 г., и существенно ниже, чем в 2005 и 2006 гг. (табл. 4.5.). Однако в целом можно отметить тенденцию увеличения численности зоопланктона в осенние сезоны на мелководных прибрежных станциях (1, 3, 5) и станциях в районе нефтяной платформы (9, 9L). Биомасса зоопланктона в осенний период 2007 г. варьировала от 77.6 до 185.5 мг/м³ (рис. 4.9.). Можно отметить, что на ст. 11 осенью 2007 г. были определены минимальные значения численности и биомассы зоопланктона за весь период осенних наблюдений в 2003-2007 гг. В среднем величина биомассы осеннего зоопланктона без учета прибрежных станций в 2007 г. составила 140.3 мг/м³, находилась в пределах межгодовых изменений в период 2003-2006 гг. и была наиболее сопоставима с результатами наблюдений в ноябре 2003 г.

В период исследований в 2007 г. в распределении микроорганизмов отмечена характерная зональность, значительные различия в концентрации бактериального населения в прибрежной зоне и открытой части моря. Выявлены районы и слои водной толщи с низкой плотностью микрофлоры и, следовательно, с пониженной активностью и скоростью процессов самоочищения. Установлены межсезонные колебания численности бактериопланктона и его биомассы. Существенных изменений количественных характеристик развития микроорганизмов в 2007 г., по сравнению с 2003-2006 гг., не выявлено.

Исследования, проведенные в юго-восточной части Балтийского моря в период 2003-2007 гг. выявили значительную изменчивость количественных и таксономических характеристик зоопланктона, связанную с климатическими факторами. В относительно холодных, по сравнению с 2003-2006 гг., условиях 2007 г. отмечены более низкие показатели ряда характеристик зоопланктона в разные сезоны года.