

4.3. Состояние отдельных компонентов планктона экосистем открытой и юго-восточной части Балтийского моря

В июле 2010 г. в ходе 104-го рейса НИС «Профессор Штокман» специалистами ИГКЭ были продолжены исследования в западной и центральной открытой частях Балтийского моря на станциях долгопериодных наблюдений по программе ХЕЛКОМ

Исследования включали определение общей численности бактериопланктона и наиболее вероятной численности углеводородокисляющих микроорганизмов, а также изучение показателей состояния зоопланктона. В 2003-2010 гг. специалисты ИГКЭ проводили мониторинг отдельных компонентов планктона в российской зоне юго-восточной части Балтийского моря, включенных в программу производственного экологического мониторинга ООО «ЛУКОЙЛ-Калининградморнефтегаз». В июле 2010 г. гидробиологические наблюдения заключались в изучении микробиологических показателей и характеристик состояния зоопланктона.

4.3.1. Микробиологические показатели

В июле 2010 г. были проведены микробиологические исследования в открыто части Балтийского моря и в районе экологического мониторинга Кравцовского нефтяного месторождения в юго-восточной прибрежной части моря.

Бактериопланктон открытой части Балтийского моря

Общая численность бактерий в западной и центральной открытой частях Балтийского моря колебалась в пределах от 630 тыс.кл/мл до 1 058 тыс.кл/мл, в среднем равнялась 772 тыс.кл/мл. Средняя биомасса микроорганизмов составила 20,1 мгС/м³. Отмечена тенденция некоторого снижения количества бактериального населения и биомассы в 2010 г. по сравнению с результатами, полученными в 2004-2006 гг.

Наибольшая концентрация бактериопланктона и биомассы микроорганизмов была определена в зоне вторжения североморской воды в Арконский бассейн, где общая численность и биомасса бактерий в среднем составила 793 тыс.кл/мл и 20,6 мгС/м³ соответственно. Минимальные показатели численности и биомассы бактериопланктона были выявлены в районе Борнхольмской впадины и южной части моря. Концентрация бактериального населения и их биомасса составляли 715 тыс.кл/мл и 18,6 мгС/м³ соответственно, что несколько ниже, чем в 2005 г. и 2006 г.

Зональный характер развития микробоценоза и распределения бактериопланктона связан со многими факторами: гидролого-гидрохимическим режимом, особенностями динамики вод, изменениями вертикальной структуры водных масс, интенсивностью развития фитопланктона, концентрацией зоопланктона, поедающим бактериопланктон, а также поступлением терригенных частиц с речным стоком и поступлением загрязняющих веществ антропогенного характера.

Вертикальный профиль распределения бактериопланктона в водной толще свидетельствовал о неоднородном характере концентрации бактериального населения, что во многом связано с мно-

гослойностью структуры водной массы Балтийского моря. Наиболее высокие значения количества и биомассы бактерий были обнаружены на глубине 0,5-10 м в зоне интенсивного фотосинтеза, в процессе которого образуется легкоусвояемое органическое вещество - важный компонент для развития гетеротрофных микроорганизмов.

В целом по вертикали водной толщи обнаружены характерные закономерности распределения бактериопланктона, сходные структуре планктонного сообщества стратифицированных водоемов. Максимальная концентрация микроорганизмов была приурочена к поверхности горизонту, минимальная - к глубинным слоям. В ряде случаев отмечено возрастание численности микроорганизмов в придонных слоях, что соответствует особым условиям распределения органического вещества на разделе фаз вода - донные отложения.

Таким образом, в горизонтальном и вертикальном распределении микроорганизмов отмечена характерная неоднородность, связанная со своеобразием условий окружающей среды. Основными факторами формирования плотности бактериального населения являются наличие лабильного органического вещества, относительно высокий температурный режим в поверхностном горизонте и низкий уровень содержания растворенного кислорода в глубинных слоях водной массы. Выявлены регионы и слои водной толщи с высокой и низкой численностью и активностью микроорганизмов. В целом плотность бактериального населения оказалась достаточно высокой, что вполне сопоставимо с ранее полученными результатами.

Оценка численности нефтеокисляющих микроорганизмов

В открытой части Балтийского моря наиболее вероятная средняя численность нефтеокисляющих микроорганизмов (НВЧ НМ) изменялась от 0 кл/мл до 10^4 кл/мл. В Арконской впадине (станции BY1, BY2, BY3) и Борнхольмской котловине (станции BY4, BY5) НВЧ НМ не превышала 10^3 кл/мл, а на поверхностном горизонте была минимальной (табл. 4.2.). В центральной открытой части моря (станция BY8) НВЧ НМ оказалась максимальной и достигала 10^4 кл/мл. В целом полученные результаты были сопоставимы с уровнями развития НМ в открытых водах Балтики предыдущих исследований. По сравнению с прибрежной юго-восточной частью моря, величины НВЧ НМ в открытых водах в большинстве случаев были существенно ниже, что очевидно, связано с меньшей загрязненностью открытых вод нефтяными углеводородами.

В прибрежной юго-восточной Балтике на полигоне производственного мониторинга НВЧ НМ варьировала от 10 кл/мл до 10^5 кл/мл (табл. 4.2.). На всех станциях района регистрировались величины НВЧ - 10^4 кл/мл, а на станциях в районах г. Пионерский, п. Куликово и в глубоководной области - 10^5 кл/мл. Минимальные уровни

НВЧ НМ - 10 кл/мл и 10^2 кл/мл, были отмечены на отдельных горизонтах станций с глубинами более 40 м. Случаи отсутствия в пробах признаков микробного разложения нефти не наблюдались.

В летний период 2003-2010 гг. прослеживалось увеличение численности нефтеокисляющих микроорганизмов в водах района. Минимум НВЧ НМ относился к 2003 г., когда было отмечено только два случая повышения НВЧ до 10^3 кл/мл. Относительно низкими значения НВЧ НМ были в июле 2006 г. и 2007 г. С 2007 г. отмечено увеличение числа регистраций НВЧ НМ со значениями 10^4 кл/мл. Наибольшие скопления этих микроорганизмов, как правило, определялись в придонных слоях, где их численность нередко превышала значения НВЧ в водной толще на два порядка. Это касалось как прибрежных, так и глубоководных станций. Максимальные величины НВЧ НМ за весь период летних исследований были определены в июле 2009 г. и 2010 г. Возможно, тенденция повышения НВЧ этой индикаторной группы микроорганизмов в последние годы связана с увеличением локального нефтяного загрязнения в зоне активной производственной деятельности, а также с повышением температуры воды.

Табл. 4.2. Численность нефтеокисляющих микроорганизмов (N, кл/мл) в открытой и прибрежной юго-восточной части Балтийского моря в июле 2010 г.

Станция	Открытая часть моря		Прибрежная юго-восточная часть моря		
	Глубина, м	N, кл/мл	Станция	Глубина, м	N, кл/мл
BY1	0	10	1	0	10 000
	10	100		17	10 000
	30	100		0	100 000
	40	1 000		12	10 000
	0	0		0	100 000
BY2	10	1 000	4	8	10 000
	30	1 000		0	10 000
	45	1 000		10	10 000
	0	10		0	10 000
BY3	10	1 000	6	9	10 000
	30	1 000		0	10 000
	46	1 000		9	1 000
	0	0		0	10 000
BY4	10	1 000	7	10	10 000
	30	1 000		26	10 000
	50	100		0	10 000
	88	1 000		10	10 000
BY5	0	100	9L	28	10 000
	10	1 000		0	1 000
	50	1 000		10	1 000
	88	1 000		47	10 000
BY7	0	10	11	0	100
	10	100		10	1 000
	50	1 000		47	10 000
	88	100		0	100
BY8	0	10	16	0	1 000
	10	1 000		10	1 000
	50	1 000		48	10 000
	88	100		0	100
	0	10	17	0	1 000
	10	1 000		10	10 000
	50	10 000		27	10 000
	80	10 000		0	100 000
	20	10 000	18	10	10 000
	50	10 000		10	10 000
	80	10 000		29	10 000
	0	10		0	10
	10	100 000		10	100 000
	50	1 000		30	1 000
	80	1 000		50	10 000
	0	106		106	1 000
	10	0	23	0	1 000
	50	10		10	1 000
	80	48		48	1 000

4.3.2. Характеристика состояния зоопланктона

В открытой части Балтийского моря в июле 2010 г. численность зоопланктона варьировала от 10,5 тыс.экз./м³ до 22,6 тыс.экз./м³, биомасса - от 362,7 мг/м³ до 579,5 мг/м³. Количественное развитие зоопланктона было максимальным в центральной части моря и относительно невысоким в Арконском море (табл. 4.3.).

В сообществе зоопланктона доминировали веслоногие раки Сорерода. Доля их численности составляла от 76% до 92,9% от суммарной численности зоопланктона, относительная биомасса варьировала от 86% до 96,4% от общей биомассы. Доминирующими видами в составе копепод в исследуемый период были *Tetrao longicornis* и виды рода *Acartia*. Численность и биомасса *T. longicornis* были максимальными в центральной части моря (ст. 7 и 8), где вдвое превышали величины, полученные для Арконской и Борнхольмской котловин. Преимущественное развитие другого доминанта *Acartia spp.* было, напротив, характерно для Арконской впадины. В глубоководных частях района массового развития достигал холодноводный ракок *Pseudocalanus minutus*. В Борнхольмской котловине его численность составляла 9,5 тыс.экз./м³ - 47,7%, а биомасса - 236,8 мг/м³ - 45,8% от суммарных значений численности и биомассы копепод, в то время как в Арконской впадине снижалась до 12,3% и 5,3% соответственно. *Centropagis hamatus* был также наиболее многочисленным в глубоких водах района, а в Арконском море доли его численности и биомассы не превышали 9,1% от суммарных значений. Популяция морского вида *Oithona similis* достигала наибольшего развития только в Борнхольмской впадине, где составляла 15,8% от численности всех копепод. Численность и биомасса солоноводного вида *Eurytemora hirundinoides* были крайне низкими и не превышали 1,6% от суммарных значений.

Второй по численности группой зоопланктона в исследуемых открытых водах Балтики были ветвистоусые раки *Cladocera*. В Борнхольмском бассейне их относительная численность и био-

масса были минимальными - 3,8% и 1,9% от суммарных значений. В Арконской впадине кладоцеры были более распространены, доля их численности достигала 11,6% от численности, доля биомассы - 12,3% от общей биомассы зоопланктона. В центральной части открытой Балтики содержание кладоцер в планктоне было максимальным - 3,8 тыс.экз./м³, или 16,8% от численности зоопланктона и 12,6% от его биомассы. Недавних видов-вселенцев *Cladocera*, о которых сообщалось в разных частях Балтики в исследуемом районе, обнаружено не было.

Численность коловраток (*Rotatoria*) в открытой части моря была незначительной - не более 4,5% от общих значений. Наибольшая концентрация этой группы была определена в северо-восточной части Арконы (ст. 3) и центральной части района (ст. 8).

Меропланктон в исследуемый период был развит слабо. Планктонные личинки двустворчатых моллюсков *Bivalvia* наиболее часто встречались в Арконской впадине, где их численность достигала 3,4% от численности всего зоопланктона. В Борнхольмском бассейне численность молоди бивальвий составляла всего 1% от численности зоопланктона, а в центральной части моря эта группа практически отсутствовала. Планктонные личинки многощетинковых червей *Polychaeta* в Арконской впадине полностью отсутствовали. В Борнхольмской котловине и в центральном районе доля их численности составляла не более 1,1% от численности зоопланктона.

Численность зоопланктона в Арконской впадине в июле 2010 г. оказалась самой низкой за годы проведения наблюдений на всех станциях (табл. 4.3.). Биомасса также была минимальной за время наблюдений, но сопоставимой с данными, полученными в 2004 г. В Борнхольмской впадине и центральной части моря количественные показатели зоопланктона в целом оставались на уровнях, определенных для зоопланктона в предыдущие годы.

Табл. 4.3. Количественная оценка состояния батометрического зоопланктона в отдельных открытых частях Балтийского моря в июне-июле 1998 г., 2004 г., 2005 г. и 2010 г.

Районы моря	Станции	Численность зоопланктона, тыс.экз./м ³				Биомасса зоопланктона, мг/м ³			
		1998 г.	2004 г.	2005 г.	2010 г.	1998 г.	2004 г.	2005 г.	2010 г.
Арконская впадина	1	24,3	20,9	30,8	10,5	498,1	344,2	982,7	390,4
	2	29,7	42,2	37,4	13,0	493,6	435,2	1134,7	362,7
	3			36,0	20,1			949,5	414,3
Борнхольмская впадина	4	22,2	19,3	13,4	21,5	347,7	344,1	267,0	529,9
	5	12,0	23,5	22,0	17,8	223,8	400,5	537,8	373,0
Восточная часть Готландской впадины	15	11,7	8,6	14,4		116,2	107,2	205,8	
Западная часть Готландской впадины	34		16,5				182,8		
Центральная часть моря	38		10,3				167,8		
	7			35,9	22,0			769,5	579,5
	8	25,9	47,3	37,9	22,6	215,5	368,2	660,8	511,4
	9		23,3	30,1			453,6	433,2	
	10		16,7	14,8			229,5	271,2	

В прибрежной юго-восточной части Балтийского моря пределы варьирования общей численности зоопланктона летом 2010 г. составляли 19,8-1 761,1 тыс.экз./м³. Концентрация зоопланктона на мелководье на два порядка превосходила плотность сообщества в глубоких водах за счет массового развития мелкоразмерных коловраток (*Rotatoria*) и молоди усоногих раков (*Cirripedia*). Предпосылкой для высокой скорости роста мелких организмов зоопланктона может служить достаточная прогретость вод и оптимальные кормовые условия, возможно, обеспеченные эвтрофированием. По гидрофизическим данным, температура в поверхностных водах района во время исследований достигала 26°C. В летние периоды 2008-2010 гг. происходило повышение численности мелкоразмерного зоопланктона. На всей акватории, кроме глубоководного участка, суммарная численность зоопланктона в 2010 г. также была максимальной за весь период наблюдений.

Биомасса зоопланктона повсеместно была высокой и изменялась от 480,5 мг/м³ в глубоководной зоне до 1 972,2 мг/м³ на мелководье. В то же время, полученные значения биомассы оказались самыми высокими только на станции около м. Таран, на остальных участках не выходили за пределы межгодовых колебаний в 2003-2009 гг.

Средняя численность зоопланктона, рассчитанная на повторяющихся станциях, в июле 2010 г. превосходила все полученные ранее значения и составляла 488,9 тыс.экз./м³, что более чем в 2 раза превышало прошлогодний уровень и более, чем на порядок - значение, полученное для условий холодного лета 2004 г. (рис. 4.14.). При этом величина средней биомассы зоопланктона, 972,5 мг/м³ - не выходила за пределы ранее определенных уровней, поскольку одновременно с вспышкой численности мелкоразмерных групп зоопланктона в 2010 г. наблюдалось заметное уменьшение значения в сообществе более крупных веслоногих ракообразных.

Особенностью летнего сезона 2010 г. было численное доминирование в составе зоопланктона (за исключением глубоководной станции) коловраток - основы мелкоразмерной фракции прибрежного балтийского зоопланктона.

Коловратки составляли до 96,5% от общей численности зоопланктона и до 54,7% от суммар-

ной биомассы. В зависимости от характера вод численность коловраток варьировала от 2 тыс.экз./м³ до 1 661,2 тыс.экз./м³, биомасса - от 5,4 мг/м³ до 797,8 мг/м³. Максимальные значения численности и биомассы коловраток, определенные на прибрежных станциях, оказались самыми высокими за весь период исследований в 2003-2010 гг. На рисунке 4.15. показана динамика средних значений численности и биомассы коловраток в летний период 2003-2010 гг. на повторяющихся станциях наблюдения. В 2003-2007 гг. средняя численность коловраток снижалась, а в период 2008-2010 гг. наблюдался резкий рост численности этой группы.

Наиболее выразительной была вспышка численности коловраток вблизи м. Таран (ст. 1). На этой станции численность коловраток в июле 2010 г. возросла на порядок, по сравнению с 2009 г., и на два порядка, по сравнению с 2007 г. (рис. 4.16.). Плотность скопления коловраток в поверхностном слое (0-1 м) достигала 3 226 тыс.экз./м³. Такого скачка численности коловраток на этой станции ранее не отмечали, в то время как на других мелководных станциях подобные значения регистрировались в 2003 г. и 2009 г. (рис. 4.17.). Характерно, что рост численности коловраток наблюдался как на мелководье, так и на станциях со средними глубинами.

На мелководных станциях значительных скоплений - до 21,9% от общей численности зоопланктона и 50,8% общей биомассы (ст. 3) достигали мелкоразмерные науплии и циприсы усоногих ракообразных (*Cirripedia*) (рис. 4.18.).

Второй по численности группой зоопланктона были веслоногие раки (*Copepoda*). Содержание копепод изменялось в разных водах района от 16,4 тыс.экз./м³ до 163,8 тыс.экз./м³, биомасса - от 187,7 мг/м³ до 1 227,8 мг/м³. В целом средние значения численности веслоногих ракообразных на повторяющихся станциях мониторинга в июле 2003-2010 гг. оставались на одном уровне и варьировали от 34,5 тыс.экз./м³ до 58,2 тыс.экз./м³ (рис. 4.19.). Величины средней биомассы на этих станциях в июле 2003-2010 гг. различались не более чем в 2 раза и изменялись от 481,3 мг/м³ до 943,7 мг/м³. Колебания численности этой группы обычно связаны с термохалинными условиями и развитием хищного планктона.

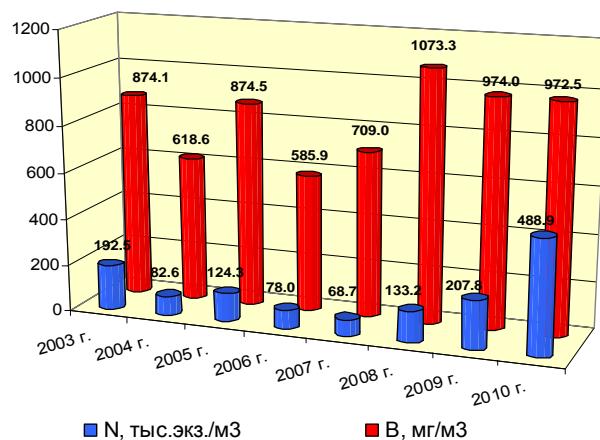


Рис. 4.14. Средние значения численности и биомассы зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря в июле 2003-2010 гг.

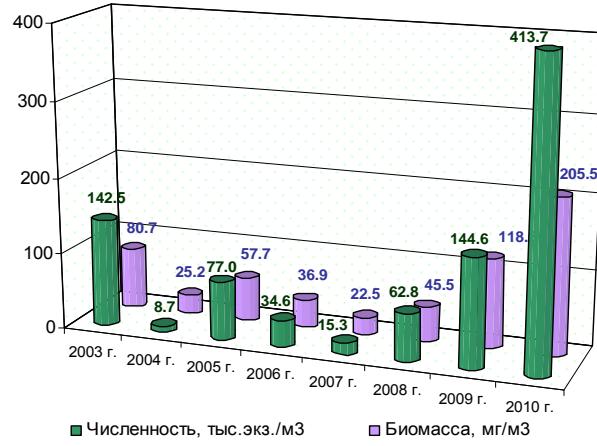


Рис. 4.15. Средние значения численности и биомассы коловраток в юго-восточной части Балтийского моря в июле 2003-2010 гг.

Наиболее массовыми в составе копепод были *Acartia bifilosa*, *A.longiremis*, *A.tonsa* и *Temora longicornis*. *Acartia spp.* преобладали на прибрежном мелководье, где составляли до 98% общей численности и до 97,5% от суммарной биомассы копепод. По сравнению с 2009 г., численность акарций уменьшилась, в то же время, их биомасса существенно возросла, что свидетельствует о преобладании взрослых стадий в популяциях этих раков. Присутствие *T.longicornis* - доминанты более глубоких вод, в 2010 г. значительно сократилось, по сравнению с предыдущим годом.

В условиях высокой температуры в 2010 г. существенно уменьшилось значение стенотермного холодноводного *Pseudocalanus minutus*. Относительная численность *P.minutus* варьировала от 0% от численности копепод на прибрежных станциях до 45,6% на глубоководном участке. Летом 2003-2010 гг. средние значения численности и биомассы *P.minutus* на повторяющихся станциях различались не более, чем в 2 раза, варьируя соответственно от 2,1 тыс.экз./м³ до 4,2 тыс.экз./м³ и от 54,5 мг/м³ до 111,8 мг/м³. Самые высокие значения количественных показателей были определены холодным летом 2006 г., минимальные - в условиях теплого лета 2003 г.

Численность *Centropages hamatus* в 2010 г. была низкая, особенно на прибрежных мелковод-

ных участках, в целом не превышала 14,6% от суммарных показателей. Встречаемость солоноватоводной копеподы *Eurytemora hirundooides* также оставалась крайне малой.

Особенностью структуры летнего планктона в 2010 г. было впервые зарегистрированное повсеместное, иногда массовое развитие в районе мониторинга недавнего вселенца - крупного хищного ветвистоусого рака *Cercopagis pengoi* (*Cladocera*). При невысокой численности 0,03-2,5 тыс.экз./м³, биомасса *C.pengoi* варьировала от 9,7 мг/м³ до 610,4 мг/м³, формируя до 35,1% от общей биомассы зоопланктона. Наиболее высокая биомасса *C.pengoi* была определена на прибрежных станциях. В пробах встречались ювенильные особи, самки с партенокарпическими и самки с латентными (зимующими) яйцами, что свидетельствовало об утверждении в этом районе размножающейся популяции вселенца (рис. 4.20.-4.23.).

При этом другие представители ветвистоусых раков, в том числе и ещё один недавний вид-вселенец *Evadne anoplus* (*Cladocera*), в пробах встречались редко, в сумме составляя не более 5% от общей численности и 35,2% от суммарной биомассы зоопланктона. Возможно, уменьшение численности копепод было связано также с распространением хищного вида-вселенца *Cercopagis pengoi* (*Cladocera*).

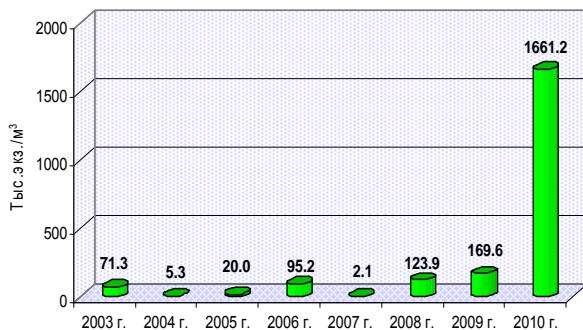


Рис. 4.16. Численность коловраток (*Rotatoria*) на станции 1 (м. Таран) в юго-восточной части Балтийского моря в июле 2003-2010 гг.

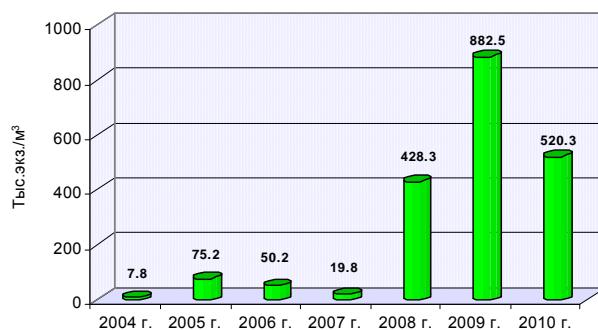


Рис. 4.17. Численность коловраток (*Rotatoria*) на станции 3 (г. Пионерский) в юго-восточной части Балтийского моря в июле 2003-2010 гг.

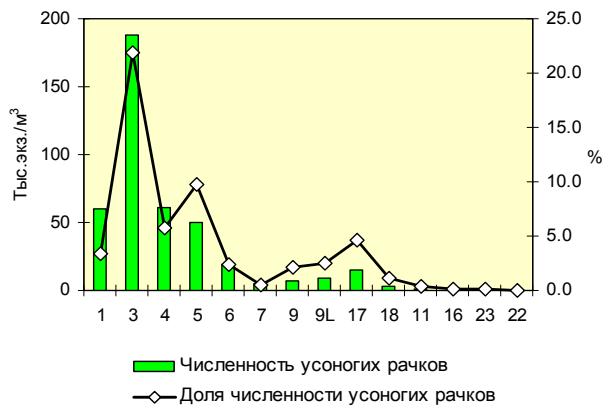


Рис. 4.18. Численность усоногих ракообразных (*Cirripedia*) в юго-восточной части Балтийского моря в июле 2010 г.

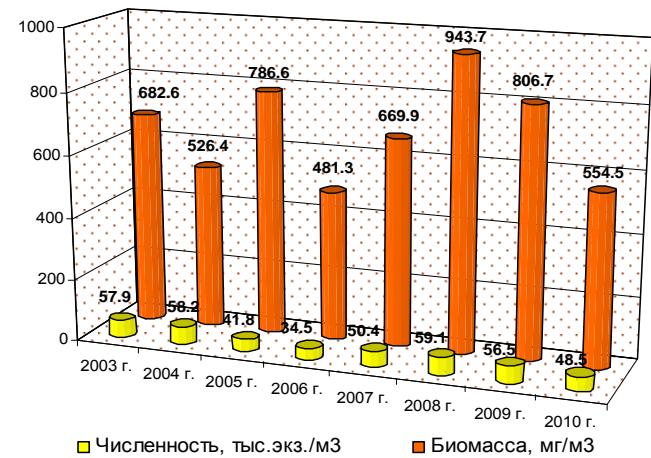


Рис. 4.19. Средние значения численности и биомассы веслоногих ракообразных в юго-восточной части Балтийского моря в июле 2003-2010 гг.

Рис. 4.20. *Cercopagis pengoi* (Cladocera)
в юго-восточной части Балтийского моря
в июле 2010 г.



Рис. 4.21. Ювенильные особи
Cercopagis pengoi (Cladocera)
в юго-восточной части Балтийского моря
в июле 2010 г.



Рис. 4.22. Партеногенетическая самка
Cercopagis pengoi (Cladocera) в юго-восточной
части Балтийского моря в июле 2010 г.

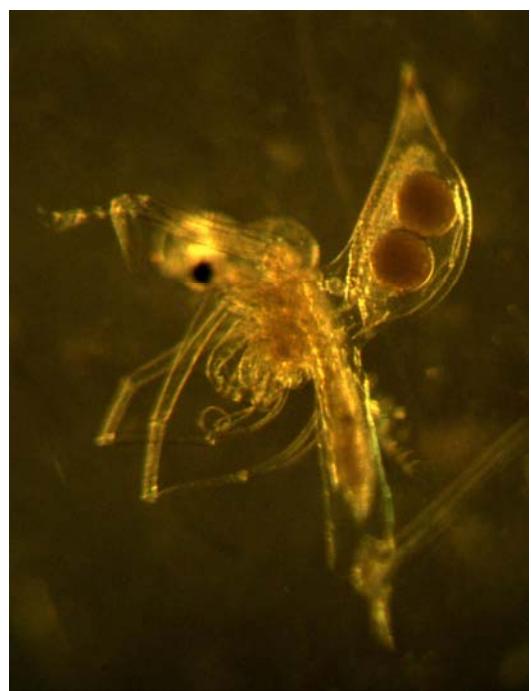


Рис. 4.23. Самка *Cercopagis pengoi* (Cladocera)
с латентными яйцами в юго-восточной части
Балтийского моря в июле 2010 г.

Авторы

4.3. ИГКЭ

Цыбань А.В., Щука Т.А., Кудрявцев В.М., Щука С.А.
Фото - Щука Т.А.