

Рис. 3.63. Расположение станций экологического мониторинга ООО «ЛУКОЙЛ-Калининградморнефть» в Балтийском море в 2003–2013 гг.

3.3.6.2. Состояние отдельных компонентов планктона экосистемы юго-восточной части Балтийского моря в июле 2013 г.

Распространение нефтеокисляющих микроорганизмов

Современное освоение морских ресурсов, в том числе, нефтедобыча и транспортировка нефти, нарушает естественное состояние морских экосистем. Хроническое загрязнение нефтью привело к тому, что морская микрофлора адаптировалась к нефтяным углеводородам и приобрела способность их утилизировать. Анализ численности углеводородокисляющих микроорганиз-

мов дает представление о локализации и интенсивности процессов микробного разрушения нефти и используется для индикации нефтяного загрязнения.

В июле 2013 г. были продолжены исследования по распространению в российских водах юго-восточной части Балтийского моря нефтеокисляющих микроорганизмов (НМ) (рис. 3.63). Для определения численности НМ применялся метод предельных разведений с использованием в качестве субстрата нефти из месторождения Калининградской области.

Наиболее вероятная численность НМ (НВЧ НМ) в районе мониторинга изменялась от 10^2 до 10^5 кл/мл (табл. 3.12) Максимальное раз-

Таблица 3.12. Наиболее вероятная численность нефтеокисляющих микроорганизмов (N, кл/мл) в юго-восточной части Балтийского моря в июле 2013 г.

Станция, №	Горизонт, м	Средняя N, кл/мл	Средняя N, кл/мл за 2003–2012 гг.	Минимальные и максимальные значения N, кл/мл за 2003–2012 гг.
1	0	10^5	10^2	$10-10^4$
	12	10^4	10^2	$10-10^4$
3	0	10^3	10^2	$10-10^4$
	12	10^3	10^3	$10-10^4$
4	0	10^3	10^3	$10-10^5$
	10	10^2	10^3	10^2-10^4
5	0	10^3	10^2	$10-10^4$
	12	10^3	10^3	$10-10^4$
6	0	10^3	10^4	10^2-10^4
	8	10^3	10^4	10^2-10^5
7	0	10^2	10^2	$10-10^4$
	8	10^2	10^4	$10-10^5$
9	0	10^2	10^2	$10-10^4$
	10	10^3	10^3	$10-10^4$
	24	10^3	10^3	10^2-10^4
9L	0	10^3	10^2	$10-10^4$
	10	10^3	10^2	$10-10^4$
	28	10^3	10^3	$10-10^4$
11	0	10^3	10^2	$10-10^4$
	10	10^3	10^2	$10-10^4$
	45	10^3	10^3	10^2-10^4
16	0	10^2	10^2	$0-10^2$
	10	10^2	10^2	$10-10^3$
	46	10^3	10^3	$10-10^4$
17	0	10^3	10^2	$10-10^4$
	10	10^2	10^2	$10-10^3$
	26	10^4	10^3	$10-10^4$
18	0	10	10^2	$10-10^5$
	10	10^2	10^2	$0-10^4$
	29	10^3	10^3	10^2-10^4
22	0	10^2	10^2	$0-10^2$
	10	10^3	10^2	$0-10^5$
	30	10^4	10^2	$0-10^3$
	50	10^3	10^3	$10-10^4$
	70	10^5	10^3	10^2-10^3
	105	10^5	10^3	$10-10^4$
23	0	10^2	10^2	$10-10^3$
	10	10^2	10^2	10^2-10^3
	48	10^3	10^3	10^2-10^4

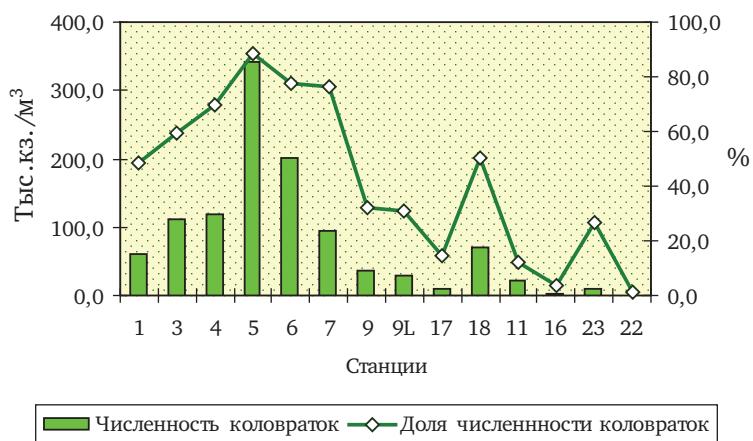


Рис. 3.64. Численность коловраток в юго-восточной части Балтийского моря в июле 2013 г.

витие эта группа микроорганизмов получила в западной части района – на станциях 1 и 22, как на мелководье, так и в самой глубоководной области. Устойчивое высокое содержание нефтепродуктов в придонных водах станции 22 связано со свойством илов Гданьской впадины накапливать загрязняющие вещества, основным источником которых является судоходство. Также было отмечено относительно высокое содержание НМ в придонных водах станции $17-10^4$ кл/мл. Наиболее чистыми по данному показателю оказались приграничные с Литвой воды в восточной части района на станциях 7 и 9 (табл. 3.12). В районе нефтяной платформы и нефтепровода на станциях 9L и 18 значения НВЧ НМ не превышали 10^3 кл/мл.

По сравнению с предыдущим периодом 2003–2012 гг. на половине обследованных станций НВЧ НМ оставалась на уровне среднегодовых величин или уменьшилась (табл. 3.12). На станциях 1, 3, 5, 9L, 11, 17 и 22 было определено повышение НВЧ НМ. При этом НВЧ НМ возрастала с глубиной, как правило, на один порядок. Наибольшее увеличение НВЧ НМ было характерно для станции 1 (весь слой) и 22 (слой 30–105 м) – на два-три порядка, на остальных участках – не более чем на один порядок. В целом уровень развития НМ, повсеместно распространенных в исследуемых водах в июле 2013 г., находился в пределах межгодовой изменчивости и соответствовал величинам, определенным в очень теплые годы – 2005, 2009, 2010 гг. Исключение составила западная часть района, где вероятно произошло усиление локального нефтяного загрязнения. Повышение НВЧ НМ может быть связано не только с нефтяным загрязнением, но и общей тенденцией увеличения продуктивности планктона в условиях теплого лета 2013 г.

Характеристика структурно-количественных показателей состояния зоопланктона

Одним из контролируемых гидробиологических показателей мониторинга в районах морей, находящихся под антропогенным прессом, является состояние зоопланктонного сообщества. В 2013 г. были продолжены долгопериодные наблюдения, характеризующие состояние зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря.

Таксономический состав и структура зоопланктона в июле 2013 г.

В июле 2013 г. в составе зоопланктона в мелководной части исследуемого района по численности доминировали коловратки (*Rotatoria*) – *Keratella spp.* и *Synchaeta spp.* Доли их численности на мелководных участках составляли от 48,4 до 88,5% от общей численности зоопланктона, притом, что доля их биомассы нигде не превышала 34,1% от суммарного значения (рис. 3.64). Общая численность коловраток варьировала в диапазоне четырех порядков от 0,2 до 342,9 тыс. экз./м³. Особенностью развития этой группы стало массовое развитие мелкой пресноводной коловратки *Keratella cruciformis*, что, возможно, объясняется сравнительно низкой соленостью.

В глубоководном районе и на станциях со средними глубинами преобладали веслоногие раки *Copepoda*. Доли их численности и биомассы колебались здесь соответственно от 35,4 до 93,9% и от 68,8 до 96,9% от суммарных величин. На остальной прибрежной части района относительная численность *Copepoda* не превышала 22,1%. Численность *Copepoda* варьировала от 15,4 до 159,0 тыс. экз./м³, биомасса – от 116,5 до 1289,1 мг/м³ (рис. 3.65). Самые высокие количественные характеристики *Copepoda* были определены в районе с глубинами около 45 м.

В прибрежном мелководном районе среди копепод доминировали виды рода *Acartia*, доля

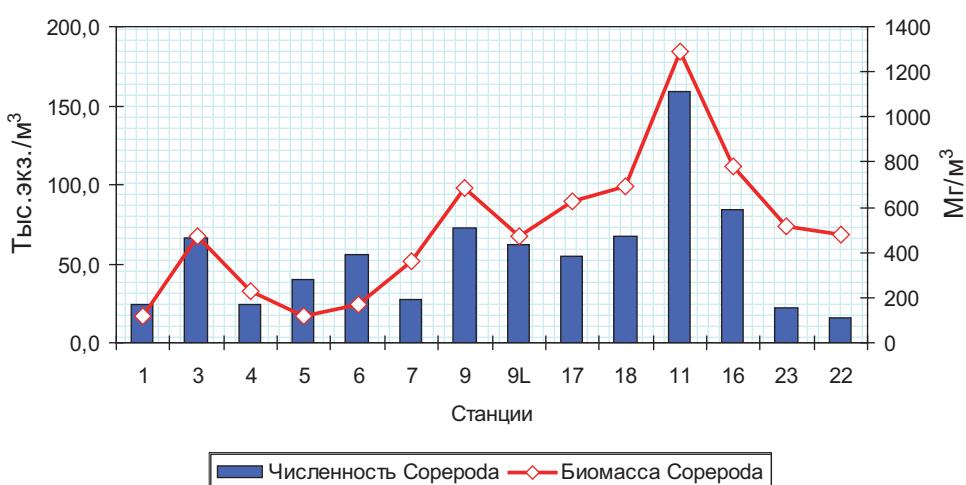


Рис. 3.65. Численность и биомасса веслоногих ракообразных (Copepoda) в юго-восточной части Балтийского моря в июле 2013 г.

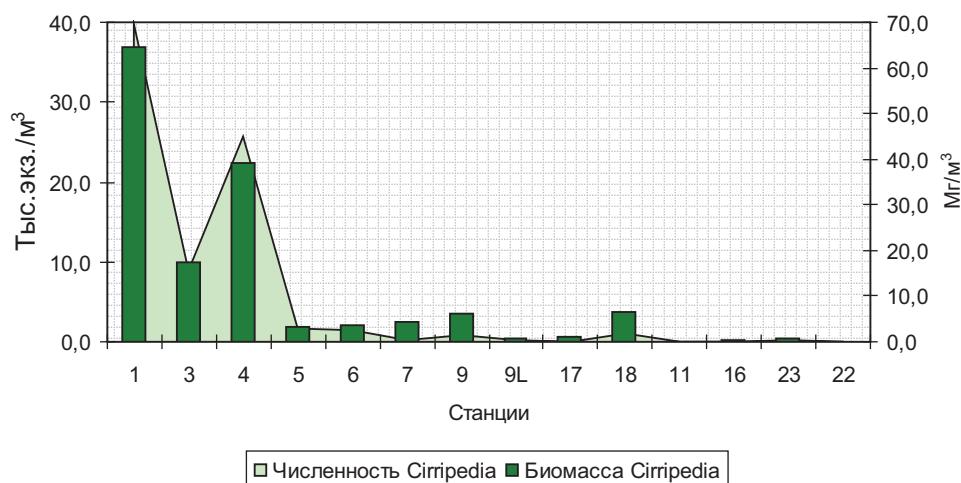


Рис. 3.66. Численность Cirripedia в юго-восточной части Балтийского моря в июле 2013 г.

их численности достигала 98,2%, доля биомассы – 99,0%. Наибольшие скопления *Acartia spp.* были отмечены в поверхностном 10-м слое. В районе со средними глубинами доминанта копепод изменилась на другой вид – *Temora longicornis*. Доли его плотности и биомассы здесь достигали 87% от суммарных значений численности и биомассы копепод. Холодолюбивый стенохалинный вид *Pseudocalanus minutus elongatus* доминировал только в западной глубоководной части района (ст. 22), где составлял около половины численности сообщества. В мелководной части района *P. minutus elongatus* не встречался или его численность была крайне низка. В местах обитания этот вид был приурочен к слоям ниже галоклина. В районе со средними глубинами субдоминирующее положение занимал *Centropages hamatus*. Доля его численности в составе копепод не превышала 19,2%. Значение солоноватоводного вида *Eurytemora hirundoides* было невысоким. Характерно, что в условиях теплого лета 2013 г. в пробах не был обнаружен морской галофильный вид *Oithona similis*, массово

во встречающийся в открытой Балтике, который ранее в незначительном числе находился в глубоких водах исследуемого района.

Ветвистоусые раки *Cladocera* были отмечены на всех станциях района. В сумме кладоцеры составляли не более 6,2% от общей численности зоопланктона. В прибрежных водах доля биомассы кладоцер повышалась – до половины биомассы всего сообщества за счет развития здесь крупного вида-вселенца *Cercopagis pengoi*.

Летом 2013 г. в планктоне сравнительно многочисленными были наутилии и циприсы усоногих раков-обрастателей *Cirripedia*. На западном мелководном участке района численность молоди *Cirripedia* была максимальной и составляла 39,8 тыс. экз./м³. Мористее плотность личинок *Cirripedia* уменьшалась до 6 экз./м³. Распространение *Cirripedia* не ограничивалось прибрежным мелководным районом – в районе нефтепровода (ст. 18) было отмечено повышение численности планктонных личинок *Cirripedia*, в частности их крупноразмерных старших наутилиальных стадий и циприсов (рис. 3.66). Такое локальное увеличе-

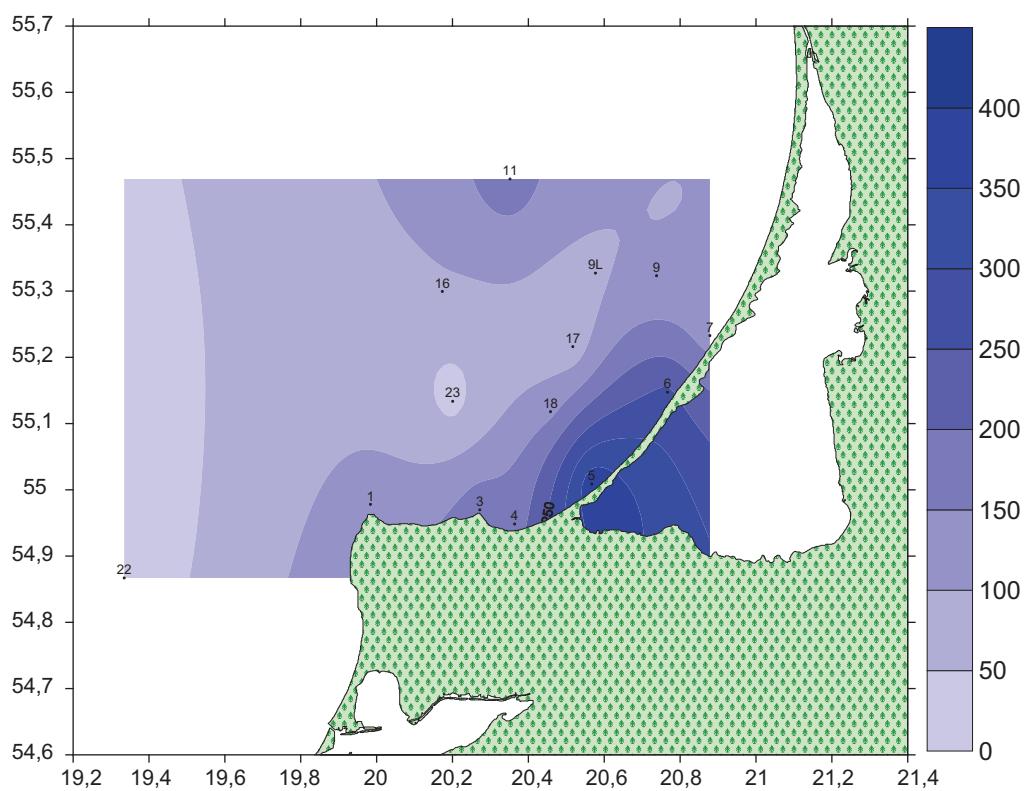


Рис. 3.67. Численность зоопланктона (тыс. экз./м³) в водах юго-восточной части Балтийского моря в июле 2013 г.

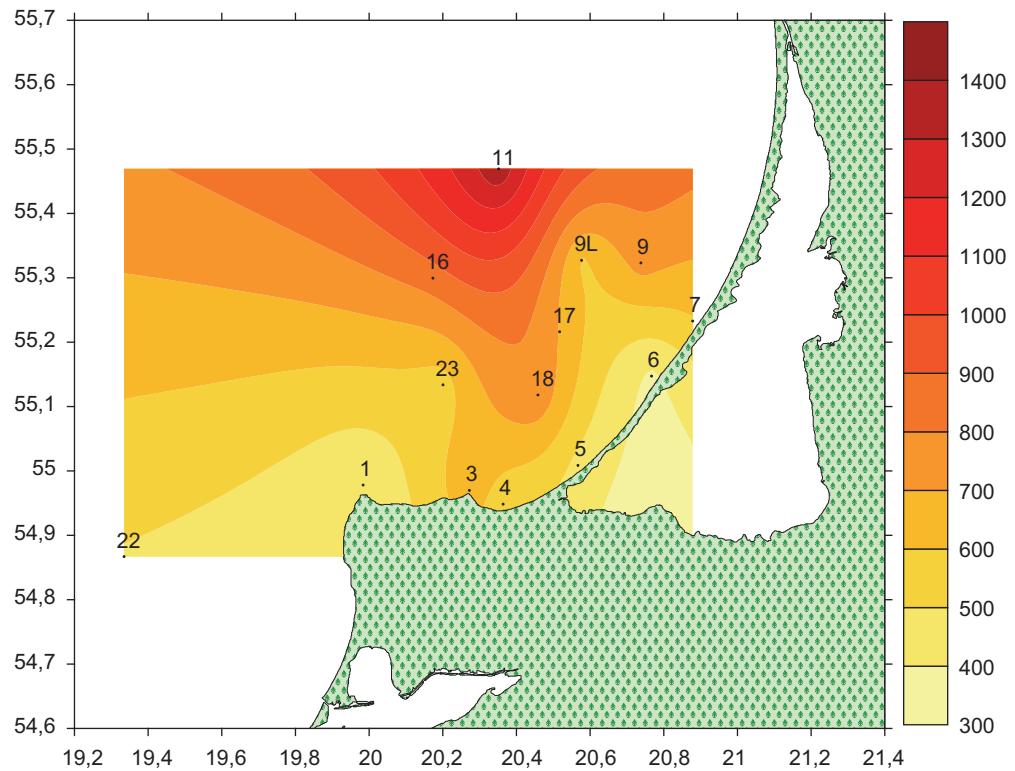


Рис. 3.68. Биомасса зоопланктона (мг/м³) в водах юго-восточной части Балтийского моря в июле 2013 г.

ние концентрации молоди *Cirripedia* отмечалось также в 2007–2012 гг., что может свидетельствовать о некотором «островном эффекте» нефтяной платформы и нефтепровода.

Другие представители меропланктона – личинки двустворчатых моллюсков (*Bivalvia*) в составе зоопланктона составляли не более 1% от общей численности и 0,4% от суммарной би-



Рис. 3.69. Температурные условия в районе мониторинга в юго-восточной части Балтийского моря в июле 2003–2013 гг.

омассы зоопланктона. Максимальные значения плотности и биомассы молоди бивальвий были определены в прибрежных водах Куршской косы у литовской границы, самые низкие – в глубоководной области. В мелководном районе относительно высокая численность личинок бивальвий у Куршской косы снижалась по мере продвижения к материковой части в 9 раз, биомасса – в 19 раз. Возможно, это свидетельствует о деградации донного сообщества в загрязненных прибрежных водах на участке мыс Таран – г. Зеленоградск.

Количественная характеристика состояния зоопланктона

Общая численность зоопланктона в июле 2013 г. варьировала в широких пределах от 16,9 тыс. экз./м³ в глубоководной части района до 387,5 тыс. экз./м³ – в прибрежной области (рис. 3.67). Биомасса зоопланктона была очень высокой и изменялась от 378,9 до 1380,7 мг/м³ с максимумом в области со средними глубинами (рис. 3.68).

На прибрежном мелководье с глубиной около 10 м численность зоопланктона изменялась от 124,1 до 387,5 тыс. экз./м³. В районах со средними глубинами (до 50 м) численность зоопланктона значительно колебалась в пределах от 31,7 до 183,3 тыс. экз./м³. Количественный уровень развития зоопланктона зависел от численности мелкоразмерных коловраток и науплиев ракообразных (*Copepoda*, *Cirripedia*). Диапазон варьирования биомассы зоопланктона был относительно узким: на мелководье – от 378,9 до 680,3 мг/м³; в области средних глубин – от 552 до 1380,7 мг/м³. Повсеместно высокая биомасса зоопланктона была обусловлена присутствием крупноразмерных старших возрастных стадий веслоногих раков *Copepoda* и развитием в летнем планктоне крупного ветвистоусого рака-

вселенца *Cercopagis pengoi*. В отдельных случаях зоопланктон формировал значительные скопления на поверхностных горизонтах 0 и 10 м, где его численность достигала 488,5 тыс. экз./м³, а биомасса – 3415,0 мг/м³.

Изменчивость зоопланктона в июле 2003–2013 гг.

Развитие планктонных сообществ Балтийского моря находится под влиянием как климатических факторов – температуры и солёности, так и антропогенных – эвтрофикации, химического загрязнения, интродукции чужеродных видов и рыболовства.

В районе наших исследований в юго-восточной Балтике в июле 2003–2013 гг. диапазон изменений температуры поверхностного слоя на отдельных станциях составлял от 14,6 до 25,7 °C. Динамика средних значений представлена на рис. 3.69. Наиболее теплыми были 2003, 2005, 2006, 2010 и 2013 гг., самыми холодными – 2004 и 2007 гг. Положительный тренд увеличения поверхностной температуры в 2003–2013 гг. составил около 0,1 °C.

Уровни солёности поверхностного слоя на отдельных станциях варьировали от 6,3 до 8,2 ‰, придонного – от 7,5 до 8,0 ‰. Колебания средних значений представлены на рис. 3.70. Тренд уменьшения солёности в исследуемом районе в 2003–2013 гг. составил около 0,4 ‰ как в поверхностном, так и в придонном слое. Самое значительное опреснение относилось к 2010 г., вероятно из-за катастрофического весеннего наводнения в районе р. Вислы.

Общая численность зоопланктона в июле 2003–2013 гг. варьировала в широком диапазоне от 49,7 до 689,8 тыс. экз./м³, биомасса – от 481,8 до 1140,5 мг/м³ (рис. 3.71). Изменения

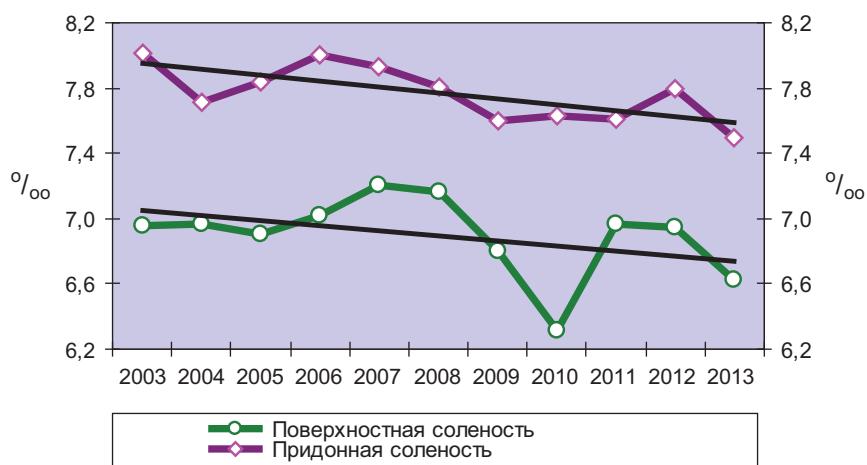


Рис. 3.70. Условия солёности в районе мониторинга в юго-восточной части Балтийского моря в июле 2003–2013 гг.

Июль. Средние значения численности и биомассы зоопланктона

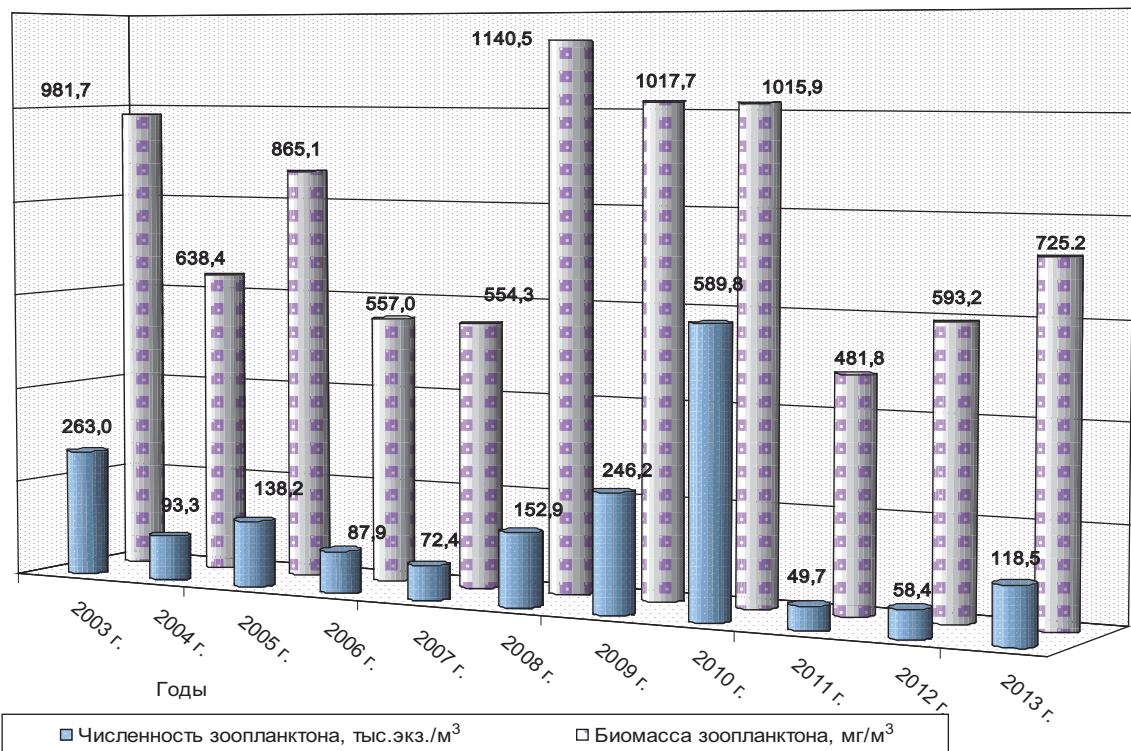


Рис. 3.71. Средняя численность и биомасса зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря в июле 2003–2013 гг.

численности зоопланктона положительно коррелировали с изменениями поверхностной температуры (рис. 3.72). В то же время, максимальная численность зоопланктона была определена для сезона наибольшего опреснения.

Колебания температуры и солёности контролировали не только численность зоопланктона, но и его структуру. Мелкоразмерные коловратки с коротким циклом развития больше всех остальных групп зоопланктона подвержены влиянию меняющихся условий среды. Средняя численность коловраток в районе мониторинга в июле 2003–2013 гг. колебалась в

широких пределах от 7,3 до 504,6 тыс. экз./м³, положительно коррелировала с поверхностной температурой и обратно зависела от условий солёности (рис. 3.73, 3.74). Поскольку коловратки составляли основную часть зоопланктона, характер колебания их численности соответствовал характеру варьирования общей численности зоопланктона. Тенденция увеличения доли коловраток в летнем зоопланктоне Балтийского моря в целом, начавшаяся в середине 1990-х гг., связана с

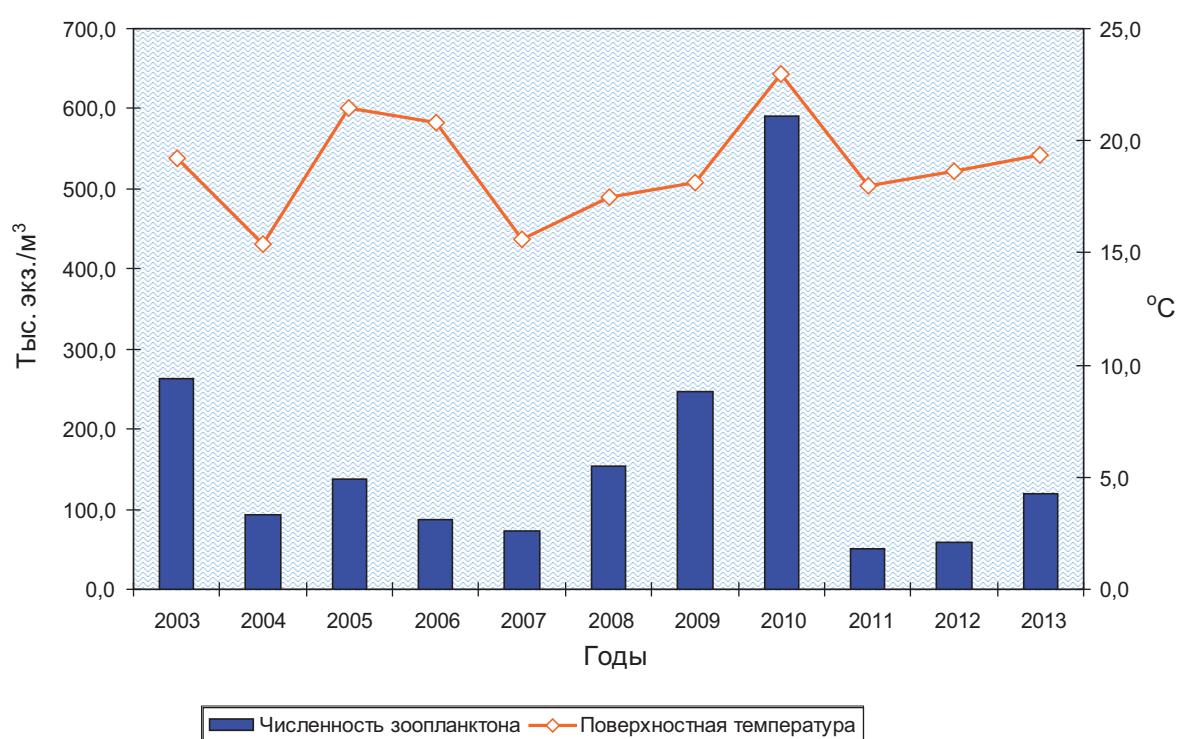


Рис. 3.72. Средняя численность зоопланктона и средняя поверхностная температура в юго-восточной части Балтийского моря в июле 2003–2013 гг.



Рис. 3.73. Средняя численность коловраток и средняя поверхностная температура в юго-восточной части Балтийского моря в июле 2003–2013 гг.

мягкими погодными условиями и с эвтрофированием, индикатором которого являются коловратки.

Одним из аспектов изменчивости зоопланктона в водах Балтийского моря в связи с климатическими флюктуациями и антропогенной нагрузкой является **вселение и утверждение новых видов**. В настоящее время в водах юго-восточной Балтики постоянными компонентами зоопланктона становятся чужеродные виды

Cercopagis pengoi, *Evadne anonyx* (оба *Cladocera*) и гребневик *Mnemiopsis leidyi*.

По нашим данным, в период с 2003 по 2013 гг. крупный хищный вселенец *C. pengoi* встречался только в условиях теплого лета и не был найден в холодном июле 2004 г. (рис. 3.75). *C. pengoi* обнаруживался в диапазоне температур от 13,5 до 25,7 °C и солёности 6,6–7,6‰ с максимумом при температуре 16,3–19,7°C и солёности 6,8‰. Численность *C. pengoi* полу-

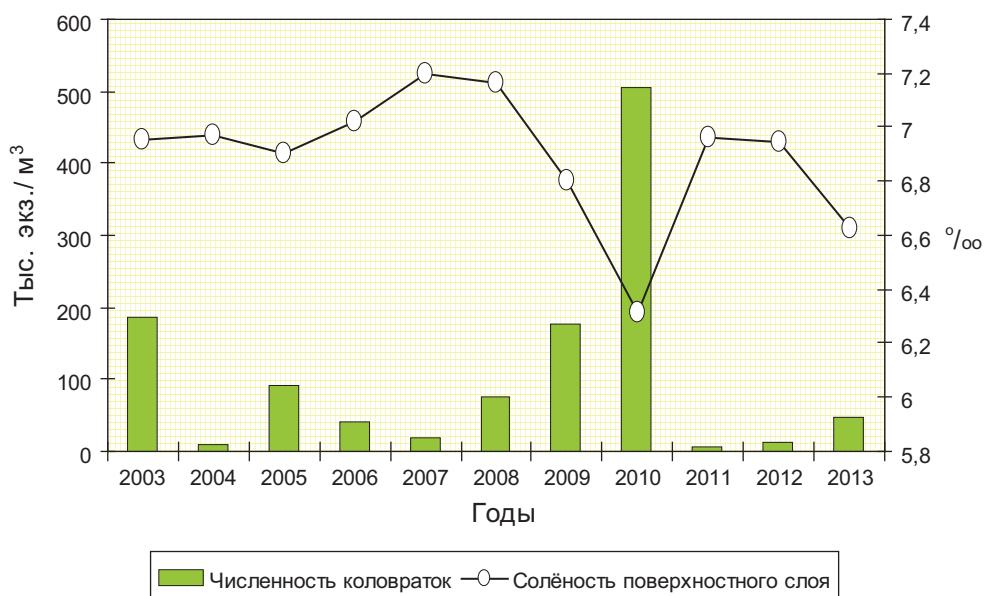


Рис. 3.74. Средняя численность коловраток и средняя поверхностная солёность в юго-восточной части Балтийского моря в июле 2003–2013 гг.

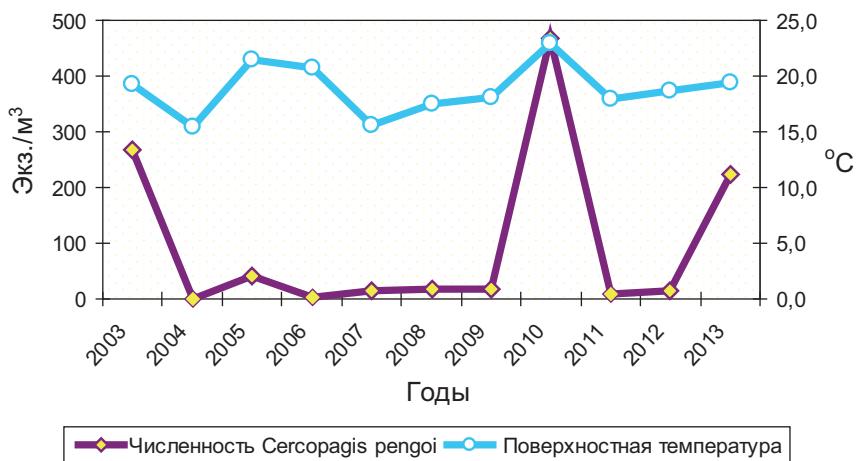


Рис. 3.75. Зависимость средней численности *Cercopagis pengoi* от поверхностной температуры в юго-восточной части Балтийского моря в июле 2003–2013 гг.

жительно коррелировала с величинами поверхностной температуры. Средняя численность *C. pengoi* была максимальной в июле 2010 г. – 467,7 тыс. экз./м³, при этом в поверхностных водах численность *C. pengoi* достигала 4800 экз./м³. Вспышки численности *C. pengoi* были зарегистрированы также в 2003 и 2013 гг.

Влияния *C. pengoi* на общую численность зоопланктона и численность коловраток не выявлено. При повышении температуры плотность как коловраток, так и *C. pengoi* увеличивалась. В то же время показана обратная зависимость между численностью *C. pengoi* и количеством других видов кладоцер (рис. 3.76). Коренные виды *Cladocera* теплолюбивы, обычно развиваются в прогретых водах, и их численность положительно зависит от температуры. Однако наши результаты показали обратную картину, так

что, контролирующим фактором в данном случае, вероятно, выступает пресс хищника. Скорее всего, мирные кладоцеры, обладая крупными размерами и медленным характером движения, являются наиболее подходящим пищевым объектом хищного вида-вселенца. Таким образом, одним из негативных экологических эффектов вселения *C. pengoi* представляется искоренение природных видов *Cladocera*, и, как следствие, подрыв кормовой базы ихтиопланктона в условиях повышения температуры.

В июле 2008 г. в водах исследуемого района нами впервые был обнаружен ponto-арало-каспийский эндемик *Evdne anonyx* (*Cladocera*). Численность *E. anonyx* в водах района была очень низкой. Максимальные значения численности в период 2008–2013 гг. варьировала от 133 до 475 экз./м³. Исключение составил случай

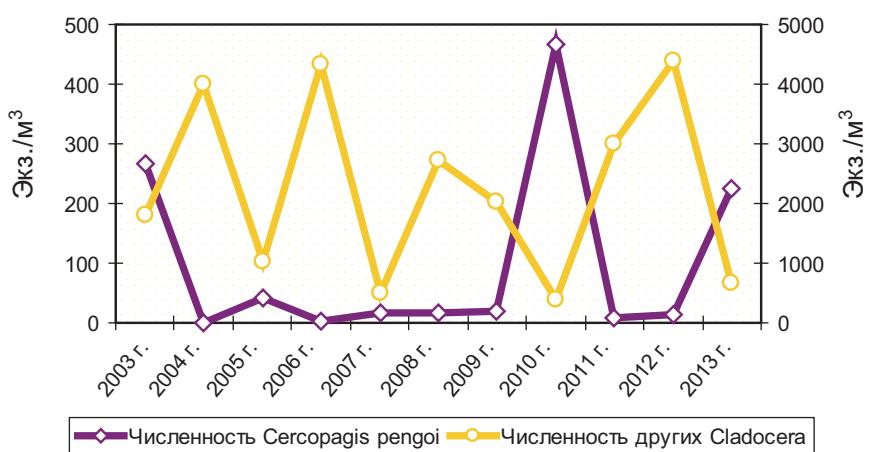


Рис. 3.76. Средняя численность *Cercopagis pengoi* и других *Cladocera* в юго-восточной части Балтийского моря в июле 2003–2013 гг.

массового развития *E.apophy* в 2010 г., когда его численность достигала 1467 экз./м³. В целом *E.apophy* вместе с коренным видом *Evadne nordmanni* остаются очень малочисленными. Экологический эффект от распространения *E.apophy* в юго-восточной Балтике в настоящее время не выражен. Поскольку плодовитость *E.apophy* значительно выше плодовитости *E.nordmanni*, можно предположить, что численность популяции *E.apophy*, по-видимому, в будущем увеличится.

В июле 2012 г. на глубоководных станциях 22 и 23 на горизонтах ниже пикноклина (30–108 м) нами по морфологическим признакам были определены эмбрионы вида-вселенца гребневика *Metriopsis leidyi*. По нашим данным, яйца *M. leidyi* обнаруживались в этих водах и ранее – в июле 2010 и 2011 гг. Температура в местах обнаружения яиц гребневика изменялась от 2,2 до 9,3 °C, солёность – от 7,2 до 11,9‰. На прибрежном мелководье и зоне 30-метровой изобаты яйца гребневика-вселенца обнаружены не были. Таким образом, местообитание ранних стадий *M. leidyi* в районе исследований было приурочено к глубоким водам с низкой температурой и высокой солёностью. Возможно, кроме абиотических факторов на пространственное распределение гребневика также влияло наличие консумента в верхнем 0–30 м слое. Численность *M. leidyi* в водах района в июле 2010–2013 гг. на отдельных го-

ризонтах варьировала от 33 до 733 экз./м³, биомасса – от 0,3 до 4,6 мг/м³. В составе планктонного сообщества значение вида-вселенца было незначительным – его численность составляла не более 1,6% от общей численности, биомасса не превышала 0,6% от суммарной биомассы мезоопланктона.

Летом 2013 г. яйца гребневика *M. leidyi*, кроме глубоководных станций, встречались на глубинах не менее 30 м на станциях 11 и 16 с глубинами 45 м. Их численность не превышала 367 экз./м³, что вдвое ниже, чем в 2012 году. Таким образом, *M. leidyi* не получил широкого распространения в исследуемых водах.

Основными факторами, контролирующими размер популяции *M. leidyi* являются температура и наличие хищника. Вселенец из Северной Атлантики *M. leidyi* – полиморфный вид с широкой толерантностью к солёности (4–38‰) и температуре (4–32 °C), что делает Балтийское море пригодным для его обитания. Для *M. leidyi* характерен широкий спектр пищевых источников, поэтому появление *M. leidyi* вызывает серьезное беспокойство за все уровни экосистемы и рыбный промысел. Хотя увеличения численности *M. leidyi* в период 2010–2013 гг. не прослеживалось, следует ожидать, что в условиях дальнейшего возможного потепления экспансия этого вида, направленная из западной и центральной Балтики, продолжится.