

МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН УССР

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ "СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ
РАЗВИТИЕМ РЕКРЕАЦИОННЫХ СИСТЕМ"

№ 5805-В84

УДК 591.524.12:591(262.5)

Т.В.Павловская, Т.М.Ковалева

ПИТАНИЕ И ВЫЖИВАЕМОСТЬ ЧЕРНОМОРСКОГО ЗООПЛАНКТОНА В
ЗОНЕ СОСУЩЕСТВОВАНИЯ КИСЛОРОДА И СЕРОВОДОРОДА

В последние годы отмечены случаи поднятия верхней границы редокс-зоны и увеличения ее толщины в открытых районах Черного моря [1,7]. Этими авторами также зафиксирован выход на поверхность сероводорода как на шельфе, так и в открытых водах. Это безусловно не может не отразиться на существовании живых организмов.

Данные о влиянии сероводорода на жизнедеятельность животных немногочисленны [6,14,17,18]. Показана различная степень устойчивости отдельных видов к содержанию сероводорода и низким концентрациям кислорода. Было отмечено [6], что представители черноморского батипланктонного комплекса - *Calanus helgolandicus*, *Pseudocalanus elongatus*, *Oithona similis* погибали при содержании кислорода 0,2-0,6 мл·л⁻¹, в то время как *Centropages kroyeri*, *Oithona nana* (кроме *Acartia clausi*) - эпипланктонный комплекс - при 0,9-1,35 мл·л⁻¹. Батипланктонные формы зоопланктона оказались также более устойчивыми к содержанию сероводорода, чем эпипланктонные [17]. *Calanus* погибает в воде с концентрацией сероводорода 3-4 мл·л⁻¹ через 24-30 мин., *Acartia*, *Centropages*, *O.nana* - 3-5 мин. О разной степени устойчивости к сероводороду и низким концентрациям кислорода свидетельствуют данные, полученные на эстуарных копеподах *Eurytemora affinis* и *Acartia tonsa* [18]. В переходной зоне содержание сероводорода и кислорода колеблется в диапазоне 0,06-0,53 и 0,06-0,34 мл·л⁻¹ соответственно [7].

Для отмеченного газового режима данные о жизнедеятельности животных полностью отсутствуют. В связи с этим необходимо выяснить зависимость продолжительности выживания зоо-

планктона от соотношений концентрации сероводорода и кислорода, а также оценить величины рационов у массовых форм зоопланктона в переходной зоне.

Исследованиями установлено [8], что наряду с общей тенденцией уменьшения количества планктонных организмов с глубиной, в пределах редокс-зоны иногда отмечаются узкие (не более 10 м) слои их повышенных концентраций сопоставимых с максимальными величинами численности в верхнем квазиоднородном слое. Наиболее массовыми видами зоопланктона в редокс-зоне в летний период 1986 г. были личинки полихет^{х)} *Pelagobia serrata*, инфузории *Favella ehrenbergi*, двенальные и взрослые стадии *Oithona nana*, а также двенальные стадии *Pseudocalanus elongatus*. Эти виды послужили объектами для изучения интенсивности питания. Влияние разных концентраций сероводорода и кислорода на выживаемость животных изучали на примере *Pelagobia* и *Oithona*. Эксперименты проведены в западной части (ст. 5443, 5447) и в восточной части моря (ст. 5460 и 5467), расположенных на периферии циклонических круговоротов.

Не останавливаясь подробно на методиках проведения экспериментов, отметим следующее. Длительность выживания определяли путем периодического учета погибших и выживших организмов в естественной воде, полученной из переходной зоны. Эксперименты проводили в сосудах с притертой пробкой в течение 0,1 - 120 ч. Опыты по изучению интенсивности питания зоопланктона проводили с использованием радиоактивных изотопов фосфора - ^{32}P [19]. Пищей животным служило взвешенное органическое вещество, представленное в основном микропланктоном и детритом из исследуемых горизонтов редокс-зоны. Животные были отловлены также из переходной зоны и прилегающего к ней верхнего 10 - 20 м слоя. Температура в экспериментах была близка к таковой в естественных условиях $8,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Контроль за содержанием газов проводили сотрудники Морского гидрофизического института А.С.Романов, Б.И.Демин, В.Н.Ашихмин,

^{х)} Идентификация и изучение распределения данного вида впервые были проведены В.В.Муриной / 8 /.

В.М. Шашков,

Результаты исследований по продолжительности выживания планктонных животных показали, что при содержании сероводорода и кислорода $0,06-0,19$ и $0,52-1,16$ мл.л⁻¹ соответственно, одна треть общего количества *Oithona* погибала через сутки. Максимальная продолжительность выживания рачков в наших опытах составила двое суток. В отличие от *Oithona Pelagobia* более устойчива к содержанию сероводорода и кислорода в тех же концентрациях. Незначительная гибель личинок *Pelagobia* (9%) наблюдалась через двое суток. При дальнейшем содержании животных в тех же условиях в течение 4 суток их гибели не отмечалось.

Аналогичные результаты по выживаемости *Oithona* и *Pelagobia* получены в экспериментах с такими же уровнями кислорода, но в отсутствии сероводорода.

Повышение концентрации сероводорода до $0,5$ мл.л⁻¹ и уменьшение кислорода до $0,3-0,5$ мл.л⁻¹ вызывали гибель *Oithona* в течение часа, в то время как *Pelagobia* постепенно гибла в течение 15 часов. В воде со следами кислорода и при значительном содержании сероводорода - $1,5-1,68$ мл.л⁻¹ *Oithona* погибала в течение 7-20 мин, *Pelagobia* начинала гибнуть через 2-3 часа и полностью погибала через 5 часов.

Следовательно, среднее содержание сероводорода $0,13$ мл.л⁻¹ и кислорода $0,8$ мл.л⁻¹ в переходной зоне не оказывает существенного влияния на продолжительность жизни *Pelagobia* в течение 4-5 суток, но достаточно резко снижает выживание *Oithona*.

Трофические условия верхнего слоя редокс-зоны Черного моря ранее не исследовались. По концентрации общего фосфора во взвешенном веществе различались незначительно. В западной части моря (ст. 5443, горизонт 155 м, ст. 5447, гор. 150 м) его содержание составляло $0,86-0,90$ мкг.л⁻¹, в восточной половине моря (ст. 5460, гор. 135 м, ст. 5467, гор. 130 м) оно колебалось от $0,83$ до $1,2$ мкг.л⁻¹.

В то же время в содержании углерода и азота отмечены различия: воды западной части моря содержали в 1,5-2 раза большее количество этих элементов ($116,4-138,4$ и $13,4-22,5$ мкг.л⁻¹ соответственно) по сравнению с восточными ($64,5-$

66,7 и 9,7-15,7 мкг·л⁻¹ соответственно).

Основную часть всего взвешенного органического вещества в исследованной зоне, очевидно, составлял детрит. Это подтверждается, с одной стороны, соотношением общего взвешенного вещества и живой его фракции — биомассой фито- и микрзоопланктона^х. Живая фракция взвеси, рассчитанная по вкладу углерода фито- и микрзоопланктона, составляла 0,1-1,0% от общего взвешенного органического углерода. С другой стороны, содержание С, N и Р было близким в свежотфильтрованных пробах воды и в детрите, собранного из того же слоя на ст.5467 и искусственно приготовленного^{хх}. В то время как живая фракция эвфотической зоны Черного моря составляет около 14-40 % и может достигать 98 % в период цветения от суммарного взвешенного вещества [12].

Как следует из таблицы, скорость потребления взвешенного вещества у животных колебалась в довольно широком диапазоне и за сутки составляла от 0,7 до 11,8 % от массы тела. Максимальные относительные рационы наблюдались у инфузорий, минимальные у личинок полихет, промежуточные величины получены у *Oithona* и *Pseudocalanus*. Следует учесть, что в наших экспериментах интенсивность питания у животных в разное время суток существенно не различалась. Поэтому для расчета суточных рационов у зоопланктонтов был принят равномерный суточный ритм питания.

Близкие величины скоростей потребления суммарного взвешенного вещества и мертвой его фракции (в среднем 1,7 и 1,2 % от массы тела соответственно) у *Pelagobia* свидетельствует о том, что животные питались на 75 % детритом. Возможно и у остальных представителей редокс-зоны основной поток вещества поступал от детритного звена.

При сопоставлении данных по скорости потребления взвешенного органического вещества с динамической структурой вод не выявлено четких тенденций.

Следует отметить, что максимальные суточные рационы весло-

^х данные по микрзоопланктону любезно предоставлены В.А.Скрябиным.

^{хх} способ приготовления детрита дан в работе [19].

Таблица

Скорость потребления (С) взвешенного органического вещества (ВОВ) зоопланктоном
из переходной зоны ($t = 8,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$).

потребитель	стан- ции	гори- зонт, м	коли- чество опытов	коли- чество живот- ных в опыте	концентрация, мл.л ⁻¹		содержание в ВОВ, мкг.л ⁻¹			С ± б	
					H ₂ S	O ₂	C	N	P	10 ⁻⁴ мкг.ч ⁻¹ экз-I	% массы тела за сутки
<i>Favella ehrenbergi</i>	5443	I55	3	7	0,08	0,20	116,2	13,4	0,9	0,007 ± 0,004	11,8
<i>Pelagobia serrata</i>	5447	I50	3	6	0,09	0,10	138,4	22,5	0,9	0,052 ± 0,013	1,2
	5460	I35	6	7	0,25	0,10	66,7	9,7	1,2	0,055 ± 0,015	1,4
	5467	I30	3	7	0,11	0,16	65,5	15,7	0,8	0,110 ± 0,023	2,6
	5467 ^x	I30	6	3	0,05	4,67	56,8	15,7	0,8	0,050 ± 0,018	1,2
<i>Pseudocalanus elongatus</i> , III-IV к	5447	I50	I	5	0,09	0,10	138,4	22,5	0,9	0,370	2,9
	5467	I30	9	I	0,11	0,16	64,5	15,7	0,8	0,211 ± 0,122	1,6
♀	5443	I55	I	I	0,08	0,20	116,2	13,4	0,9	0,245	1,0
	5447	I50	I	3	0,09	0,10	138,4	22,5	0,9	0,175	0,7
	5467	I30	6	I	0,11	0,16	64,5	15,7	0,8	0,405 ± 0,014	1,3
<i>Oithona nana</i> , ♀	5443	I55	3	5	0,08	0,20	116,2	13,4	0,9	0,045 ± 0,005	1,9
	5467	I30	3	I	0,11	0,16	64,5	15,7	0,8	0,105 ± 0,014	4,5

^x детрит

ногих рачков в окислительной зоне составляли от 20 до 150 % от массы тела [10, 12].

По предварительным данным [4] величины суточного стандартного обмена у личинок полихет и веслоногих рачков *Oithona* и *Pseudocalanus* составляли 18,7, 13,7 и 2,9 % от массы тела соответственно. В нормальных условиях при отсутствии сероводорода и при той же температуре (8-9°) суточный стандартный обмен у *Oithona* и *Pseudocalanus* составлял 16,5 и 7,4 % от массы тела соответственно [3, 9]. Для расчета дыхания инфузорий было использовано уравнение Т.В.Хлебович [16] и температурная поправка Q_{10} равная 2,3 для перехода от 20° к 8°С [2, 13]. По нашим расчетам обмен инфузорий при нормальном насыщении среды кислородом и при отсутствии сероводорода должен составлять около 20 % от массы тела. Поскольку было установлено [4], что в редокс-зоне стандартный обмен у животных в 0,8-2,5 раза ниже, чем таковой в воде не содержащей сероводород, то расчетная величина дыхания у инфузорий должна быть также в 0,8-2,5 раз ниже, чем в нормальных условиях.

Итак, новые полученные материалы по оценке продолжительности выживания, интенсивности питания и скорости потребления кислорода [4] показывают, что планктонные животные, встреченные в зоне сосуществования сероводорода и кислорода (ракообразные, полихеты и инфузории) не могут существовать сколько-нибудь длительное время. Их рационы и дыхание в этой зоне составляют только около 10-30 % и 40-80 % соответственно от рационов и величин дыхания при этой же температуре и нормальных условиях жизни.

Продолжительность существования планктонных животных в редокс-зоне, определяемая, вероятно, их видовой принадлежностью, колеблется от нескольких минут до нескольких часов и суток.

Распространение животных в глубинные слои Черного моря вплоть до 300 м может быть связано с определенным перемещением вод, вызванным синоптическими условиями, когда на этих глубинах обнаруживается кислород. Это подтверждается нахождением исследованных копепод в центральных районах Черного моря в антициклональных условиях на глубине 200-300 м [5, 11]. Продолжительность выживания животных здесь будет

определяется временем, затраченным на окисление сероводорода [4, 15].

Если содержание сероводорода будет меняться от 0,06-0,19 и выше до 1,6 мл·л⁻¹, то продолжительность существования животных в редокс-зоне будет меняться от 48 до 0,1 ч (для Copepoda) и от 120 до 5 ч (для Pelagobia). В случае выноса зоопланктона в окислительную зону не исключено восстановление нормальных физиологических процессов, если их пребывание в этой зоне при среднем содержании сероводорода 0,13 и кислорода 0,8 мл·л⁻¹ не превышает двух суток.

Литература

1. Брянцев В.А., Фашук Д.Я., Финкельштейн М.С. Антропогенные изменения океанографических характеристик Черного моря //Океанологические и рыбохозяйственные исследования Черного моря.- М.,-1985.- С. 3-19.
2. Винберг Г.Г. Температурный коэффициент Вант-Гоффа и уравнение Арениуса в биологии //Журн.общ.биол. -1983.-Т.44, № 1,-С.31-42.
3. Ивлева И.В. Уровни обмена ракообразных, обитающих при низких температурах // Биологический режим водоемов-охладителей ТЭЦ и влияние температуры на гидробионтов.-М.:Наука,- 1977.- С.197-230.
4. Минкина Н.И. Дыхание в присутствии сероводорода планктонных животных из зоны сосуществования в Черном море //Материалы конф."Совершенствование управления развитием рекреационных систем".- 1987.
5. Никитин В.Н. Вертикальное распределение планктона в Черном море. II Зоопланктон, кроме Copepoda и Cladocera //Тр. Севастопольской биол.ст. -1929, -Т.1.- С.27-118.
6. Никитин В.Н., Малым Е.Н. Влияние кислорода, концентрации водных ионов и углекислоты на вертикальное распределение зоопланктона в Черном море //Тр.Севастопольской биол.ст. 1932.-Т.3.-С.27-72.
7. Новоселов А.А., Романов А.С., Шереметьева А.И., Шумченко О.А., Шашков В.М. Динамика запаса сероводорода в Черном море по результатам исследований в 1984-86 гг. //Материалы конф. "Совершенствование управления развитием рекреационных систем".-1987.

8. Островская Н.А., Ковалева Т.М., Мурина В.В., Шмелева А.А., Чмыр В.Д., Попова Е.В. К исследованию зависимости распределения и количества планктона в пограничной сероводородной зоне от толщины и глубины ее залегания в Черном море //Современные проблемы океанологии Черного моря. - МГИ. ч.П. Севастополь.-1986.-С.411-443.-Деп.в ВИНТИ, №6700, В.86.
9. Павлова Е.В. О некоторых факторах, влияющих на интенсивность потребления кислорода у морских планктонных животных //Биология моря.-К.-1975.- Вып.-33.-С.73-76.
- 10.Павловская Т.В.,Печень-Финенко Г.А. Сравнительная оценка роли живого и мертвого органического вещества в питании *Pseudocalanus elongatus* (Boeck) //Биология моря.-К.-1975.-Вып.34.- С.65-70.
- 11.Петипа Т.С., Сажина Л.И., Делало Е.П. Вертикальное распределение зоопланктона в Черном море //Тр.Севастопольской биол.ст.-1963.-Т.16.-С.119-138.
- 12.Петипа Т.С., Павлова Е.В., Миронов Г.Н. Структура пищевых сетей, передача и использование вещества и энергии в планктонных сообществах Черного моря //Биология моря.-К.-1970.- Вып.19.- С.2-43.
- 13.Печень-Финенко Г.А., Павловская Т.В. Действие температуры среды на скорость потребления и переваривания пищи у некоторых ракообразных //Экология.- 1983.- № 3.-С.54-60.
- 14.Поликарпов Г.Г., Цыгугина В.Г., Тимошук В.И., Демина Н.В., Терещенко Н.Н. Токсичность глубинной воды на бентосных амфипод *Gammarus olivii* //Докл. АН УССР.- сер.Б. Геологические, химические и биологические науки.- К.-1985.- № 9.- С.74-76.
- 15.Смирнов Э.В. Результаты модельных экспериментов по изучению окисления сероводорода в воде промежуточной зоны Черного моря //Материалы конф."Совершенствование управления развитием рекреационных систем. - 1987.
- 16.Хлебович Т.В. Скорость потребления кислорода инфузориями //Общие основы изучения водных экосистем. -Л.- 1979.- С. 25-29.
- 17.Димов И. Влияние на сероводорода върху вертикалните разпределение на зоопланктона //Изв. на Ин-та по рибоводство и риболов. -Варна. - 1964.- Т.4.- С.25-30.

18. Vargo Sandra L., Sastry Akella N. Interspecific differences in tolerance of *Eurytemora affinis* and *Acartia tonsa* from an estuarine anoxic basin to low dissolved oxygen and hydrogen sulfide // *Physiol. and Behav. Mar. Org. Proc.* 12 th Eur. Symp. Mar. Biol. Sterling. - 1977. - Oxford e.a. - 1978. - P. 219-226.
19. Zesenko A. Ya., Pavlovskaya T. V. New method of determination of the quantitative of zooplankton nutrition indices with use of the phosphorus isotopes in conditions near "in situ" // *Pol. Arch. Hydrobiol.* - 1985. - V. 32. - N 3/4. - P. 443-457.

Институт биологии
морей АН УССР
г. Севастополь