

O.L. Zarubin, N.E. Zarubina, I.A. Maliuk, V.A. Kostiuik

Institute for Nuclear Research of NAS of Ukraine, Kyiv

PECULIARITIES OF RADIOECOLOGICAL SITUATION IN COOLING-POND OF THE CHERNOBYL NPP AFTER THE BEGINNING OF ITS TRANSFORMATION (2011-2014)

The dynamic of the specific activity of ^{137}Cs in the components of the cooling-pond's ecosystem of the Chernobyl NPP was studied during 2011-2014. It was found that in 2013-2014 the levels of specific activity in some species of aquatic vegetation were increased up to 2-10 times. This is probably due to decrease of water's level and artificial transformation of the cooling-pond, which began in 2012.

Keywords: ecosystem, transformation, cooling-pond of the Chernobyl NPP, ^{137}Cs , fish, hydrophytes

УДК [574.63: 627,8] [282.447.32]

В.Н. ЗОЛОТАРЕВ, В.В. АДОБОВСКИЙ

Институт морской биологии НАН Украины

ул. Пушкинская 37, Одесса, 65011, Украина

РОЛЬ СЕЗОННОГО ТЕРМОКЛИНА В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУРЫ ПРИБРЕЖНЫХ ПОСЕЛЕНИЙ МИДИЙ MYTILUS GALLOPROVINCIALIS ЧЕРНОГО МОРЯ

Выращивание мидий в садках в прибрежной акватории Одесского залива на глубине 4, 7 и 10 м показало, что сезонные различия скорости роста и смертности мидий на разных горизонтах максимальны при летнем интенсивном развитии термоклина.

Ключевые слова: Черное море, мидии, скорость роста, смертность, фенотипическая структура, *Mytilus galloprovincialis*

Сезонный термоклин – существенный элемент стратифицированных прибрежных водных масс Черного моря. На возникновение и разрушение термоклина в прибрежной зоне моря оказывают влияние адвекция тепла из поверхностного слоя, турбулентный обмен, изменение температуры воды в результате прибрежного апвеллинга, поступление в море менее соленых речных вод с более высокой температурой. В прибрежных зонах с глубиной до 10 м разница между температурой воды на поверхности и у дна может достигать 13,5 °С.

Основные особенности развития термоклина выявлены в ряде прибрежных районов Черного моря [1]. Однако влияние стратификации прибрежных водных масс на донные биоценозы и популяции отдельных массовых видов зообентоса остается не изученным. В связи с этим была проведена оценка роли сезонного термоклина в изменениях структуры поселений мидий *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 – доминирующего вида во многих прибрежных районах Черного моря.

Материал и методы исследований

Основой проведенных исследований были результаты выращивания маркированных мидий длиной от 10 до 55 мм в садках на горизонтах 4, 7 и 10 м в течение 12 месяцев в районе мыса Большой Фонтан (Одесский залив). Для каждого моллюска по окраске наружного призматического слоя раковины [4] был установлен его фенотип. По данным о последовательных изменениях длины и общей массы каждого моллюска была определена его удельная суточная скорость роста в разные сезоны года, и для каждого горизонта были рассчитаны уравнения зависимости этого показателя от начальной длины или массы моллюска в анализируемом интервале времени. По годовым приростам мидий методом Форда-Вальфорда [2] были определены коэффициенты уравнений роста Берталанфи. По численности мидий в начале (N_0) и конце эксперимента (N_t) были рассчитаны коэффициенты смертности моллюсков

каждого фенотипа на разных горизонтах: $Z = -\ln(N_t / N_0)$. Для оценки особенностей сезонного термоклина в районе мыса Большой Фонтан использованы результаты океанографических наблюдений 1987–2008 гг. в прибрежной зоне региона, данные годового цикла измерений температуры воды в 2012–2013 гг. термографами «Нобо», установленными на расстоянии 350 м от уреза воды и закрепленными на глубине 5 и 10 м от поверхности воды. Выращивание мидий сопровождалось измерениями температуры, солености вод и содержания в них кислорода на трех горизонтах в разные сезоны года.

Результаты исследований и их обсуждение

По результатам океанографических наблюдений у мыса Большой Фонтан было установлено, что в прибрежных водах с глубинами до 10 м термоклин появляется с мая по сентябрь, верхняя его граница обычно располагается на горизонте 6-7 м. Градиенты температуры были в среднем 1–2 °С/м, максимальные их значения достигали 4,5 °С/м. На глубине 7 м среднее время существования слоя термоклина составляло около 2 суток, а максимальное достигало 7 суток. В 2013 г. термоклин наблюдался в слое 5–10 м с мая по конец августа со средним значением градиента 1,2 °С/м и максимальным 2,8 °С/м в начале июля. На глубине 3 м термоклин был отмечен лишь в двух случаях. В июле 2007 г. градиент температуры составил 3,5 °С/м, а в августе 1998 г. он был 1,3 °С/м.

На положение термоклина большое влияние оказывает волнение. Летние месяцы отличаются малой повторяемостью штормового волнения с высотой волн более 1 м, поэтому в июле – августе обычно наблюдаются самая устойчивая стратификация водных масс и наибольшие градиенты температуры. Именно такой температурный режим был во время экспериментального выращивания мидий – с максимальными различиями температуры на горизонтах 4 и 10 м (5 °С) с начала июля по середину августа (табл. 1). В это же время содержание кислорода на нижнем горизонте составляло всего 63 %.

Таблица 1

Характеристики прибрежных водных масс в районе мыса Большой Фонтан (Одесский залив)

Период	Глубина, м	Температура, °С	Соленость, ‰	Содержание O ₂	
				мл·л ⁻¹	%
1.06–5.07	4	15,0	15,7	5,33	83
	7	13,6	16,4	4,57	70
	10	11,9	16,6	3,95	58
6.07–13.08	4	15,6	15,2	5,33	84
	7	13,1	15,5	5,62	74
	10	10,6	15,8	4,44	63
14.08–16.10	4	15,3	15,3	4,84	76
	7	13,9	15,6	4,52	69
	10	12,4	15,8	4,19	62
17.10–14.11	4	11,3	14,8	6,53	94
	7	10,8	15,5	6,46	92
	10	10,2	15,8	6,39	90
15.11–30.05	4	6,4	15,0	7,96	102
	7	6,2	15,5	7,53	98
	10	6,0	15,8	7,22	92
31.05–03.07	4	18,5	13,3	6,00	99
	7	16,6	10,1	5,62	90
	10	14,7	14,6	5,18	80

Рост мидий. Сезонные различия скорости роста мидий на разных горизонтах максимальны при интенсивном развитии термоклина (июнь – середина августа). У одноразмерных особей удельная скорость роста на глубине 4 м в 3 раза выше, чем у моллюсков на глубине 10 м. В осенне-зимний период, при общем понижении температуры воды и исчезновении термоклина, различия между скоростью роста мидий на разных горизонтах становятся статистически не значимыми. Такие проявления сезонных особенностей роста

мидий отражаются и в их годовых приростах, в частности, в коэффициентах уравнений роста Берталанфи (табл. 2).

Таблица 2

Характеристики поселений мидий *Mytilus galloprovincialis* на горизонтах 4, 7 и 10 м в районе мыса Большой Фонтан (Одесский залив)

Глубина, м	Коэффициенты уравнения роста Берталанфи		Коэффициент смертности			
	k	L _∞	общий	мидий разных фенотипов		
				F _a	F _b	F _c
4	0,782	98,1	0,169	0,128	0,216	0,077
7	0,836	88,6	0,210	0,251	0,163	0,312
10	1,333	82,4	0,295	0,348	0,395	0,145

Возрастные замедления темпов роста наименьшие у мидий на глубине 4 м, о чем соответствуют самое низкое значение коэффициента k (0,782) и самое высокое значение коэффициента L_∞ (98,1) в уравнении роста. Модальное значение коэффициента k индивидуальных уравнений роста (0,51) также наименьшее для мидий, размещенных на этом горизонте. На глубине 10 м мидии росли во все сезоны года в водах с более низкой температурой и пониженным содержанием кислорода (см. табл. 1). О замедленных темпах роста мидий в этих условиях свидетельствует самое высокое значение коэффициента k (1,333) общего уравнения Берталанфи для этих моллюсков, а также максимальное модальное значение этого показателя в индивидуальных уравнениях роста (1,40). Анализ дисперсии (ANOVA) подтвердил, что статистически значимыми факторами, которые влияют на сезонные изменения удельной скорости роста мидий, являются температура воды (F = 47,84; p < 0,001) и содержание кислорода (F = 10,29; p = 0,002).

Смертность мидий. Годовая смертность мидий максимальна в нижнем горизонте (0,295) и минимальна в верхнем (0,169). Максимальное количество особей, элиминированных в течение года в верхнем горизонте, относилось к гомозиготному фенотипу F_b (Z = 0,216). Минимальную смертность (0,077) проявили мидии гетерозиготного фенотипа F_c (см. табл. 2). В нижнем горизонте смертность минимальна также у особей моллюсков фенотипа F_c (0,1351), тогда как смертность мидий фенотипов F_a и F_b более чем в 2 раза выше (соответственно, 0,2941 и 0,2844). Подобная более высокая выживаемость мидий фенотипа F_c была выявлена у мидий донных поселений в различных районах северо-западной части Черного моря [4]. Выявленные особенности фенотипической пластичности мидий в условиях прибрежного сезонного термоклина с вертикальными градиентами различий водных масс в ограниченном диапазоне глубин (от 4 до 10 м), в целом близки пространственным региональным изменениям структуры поселений мидий.

Выводы

Полученные данные будут способствовать разработкам более эффективных технологий выращивания мидий в прибрежных районах с возможными проявлениями сезонного термоклина. Способы выращивания гидробионтов с учетом термоклина уже предложены для других регионов [3].

1. *Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 2. Черное море* / Ю. П. Ильин, Л. Н. Репетин, В. Н. Белокопытов [и др.]; МЧС и НАН Украины, Морское отделение Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института. – Севастополь, 2012. – 421 с.
2. *Мина М. В. Рост животных* / М. В. Мина, Г. А. Клевезаль. – М.: Наука, 1976. – 291 с.
3. *Пат. 2149541* Российская федерация. Способ выращивания гидробионтов в поликультуре / С. И. Масленников, И. А. Капин; заявитель и патентообладатель Институт биологии моря Дальневосточного отделения РАН. – № 98113210/13; заявл. 06.07.98; опубл. 27.05.00.
4. *Шурова Н. М. Структурно-функциональная организация популяции мидий Mytilus galloprovincialis Черного моря* / Н. М. Шурова. – К.: Наукова думка, 2013. – 207 с.

В.Н. Золотарьов, В.В. Адобовський

Інститут морської біології НАН України, Одеса

РОЛЬ СЕЗОННОГО ТЕРМОКЛИНУ У ФОРМУВАННІ СТРУКТУРИ ПРИБЕРЕЖНИХ ПОСЕЛЕНЬ МІДІЙ MYTILUS GALLOPROVINCIALIS ЧОРНОГО МОРЯ

Вирощування мідій в прибережній акваторії Одеської затоки на глибині 4, 7 і 10 м показало, що сезонні відмінності швидкості росту і смертності мідій на різних горизонтах максимальні при літньому інтенсивному розвитку термоклин.

Ключові слова: Чорне море, мідії, швидкість росту, смертність, фенотипічна структура, *Mytilus galloprovincialis*

V.N. Zolotarev, V.V. Adobovsky

Institute of Marine Biology of NAS of Ukraine, Odesa

ROLE OF SEASONAL THERMOCLINE IN FORMING STRUCTURE OF OFF-SHORE SETTLEMENTS OF MUSSELS MYTILUS GALLOPROVINCIALIS IN THE BLACK SEA

Growing of mussels in cages in the off-shore waters of the Odesa bay on a depth 4, 7 and a 10 m showed that seasonal distinctions of mussel growth rate and mortality on different levels are maximal at summer intensive development of thermocline.

Keywords: The Black Sea, mussels, growth rate, mortality, phenotypical structure, *Mytilus galloprovincialis*

УДК 574 583:551.464.5(282.243.7.05)

Е.Е. ЗОРИНА-САХАРОВА, А.В. ЛЯШЕНКО, И.С. МАРЧЕНКО

Институт гидробиологии НАН Украины

пр. Героев Сталинграда, 12, Киев, 04210, Украина

ВЛИЯНИЕ СОЛЕННОСТИ НА СТРУКТУРУ ЗООПЛАНКТОНА АКВАТОРИЙ ПЕРЕДНЕГО КРАЯ КИЛИЙСКОЙ ДЕЛЬТЫ ДУНАЯ

В работе представлены результаты исследования зоопланктона в водах с различной соленостью (от 0,3‰ до 12,0‰). Установлено доминирование пресноводного комплекса. Видовое богатство зоопланктона уменьшается с возрастанием солености воды, пресноводные виды исчезают, а встречаемость эвригалинных видов уменьшается.

Ключевые слова: зоопланктон, передний край дельты, минерализация

Участки дельты Дуная, находящиеся на границе контакта морских и пресных вод (переходные воды), характеризуются широким диапазоном гидрофизических и гидрохимических характеристик, что, в свою очередь, влияет на структуру и количественное развитие обитающих здесь популяций гидробионтов. В защищенных от прямого волнового воздействия заливах приустьевого взморья, наибольшее влияние на зоопланктон оказывает гидрохимический состав воды, в первую очередь показатели минерализации. Целью нашей работы было исследование структурных показателей зоопланктона в связи с изменением солености вод.

Материал и методы исследований

В работе использованы 94 пробы зоопланктона, отобранные на 16 станциях, находящихся в диапазоне солености от 0,3‰ до 12,0‰: ст. 1-3 – зал. Бадика кут, ст. 4-6 – зал. Соленый кут, ст. 7-9 – зал. Шабаш кут, ст. 10 – подходной канал глубоководного суднового хода (ПК), ст. 11 – море у шпилья дамбы ПК, ст. 12 – устье рук. Быстрый, ст. 13 – устье рук. Восточный, ст. 14 – зал. Быстрый кут, ст. 15 – зал. Потапов кут, ст. 16 – зал. Делюков кут. Пробы зоопланктона отбирали в максимально схожих биотопах (с поверхности на чистоводье в местах наиболее защищенных от волнового воздействия) и обрабатывали по стандартным