

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).

Таблиця 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. Кашин; 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 of 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 эвригаллиных 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 шпиля 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