

Н.М.Шурова

Одесский филиал Института биологии южных морей НАН Украины, г.Одесса

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЕЛЕНИЙ МИДИЙ ЗАПАДНОГО И СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ

Размерно-возрастная структура поселений, коэффициенты смертности, продолжительность жизни, средний возраст мидии *Mytilus galloprovincialis*, доля ежегодного пополнения поселений молодью были определены на основе выборок моллюсков, собранных драгой на глубинах от 15 до 71 м в различных районах западного и северо-западного шельфа Черного моря. Максимальный возраст мидий в этом регионе моря составил 10 лет. Моллюски такого возраста встречены только на Болгарском шельфе на глубине 32 – 42 м. Смертность мидии в этом районе минимальна и здесь ежегодно выживает около 60 % от первоначальной численности моллюсков. Было проанализировано влияние некоторых факторов («регион», глубина обитания моллюсков, соленость вод, насыщение (%) придонных вод кислородом, наличие стратификации водных масс и тип донных осадков) на уровень пополнения поселений молодью, смертность моллюсков, продолжительность жизни мидии. Сравнительный анализ популяционных показателей современных поселений моллюска с показателями поселений прошлых лет указывает на некоторое снижение уровня смертности мидий на мелководье шельфа Украины.

Мидия *Mytilus galloprovincialis* широко распространена в Черном море. Поселения этого моллюска формируются на илистых, песчаных, а также практически на всех видах твердых субстратов. Обычно в составе мидиевого зооценоза встречаются различные виды беспозвоночных и молодь рыб. Этот коммерческий моллюск имеет также большое значение, и как объект мариккультуры. В начале 60-х гг. на большой площади северо-западного шельфа Черного моря мидии образовывали многочисленные, плотные, протяженные поселения, носящие название «мидиевые поля». В 70-е – 90-е гг. в этом регионе практически ежегодно наблюдалась длительная гипоксия придонных вод, которая часто заканчивалась заморами донных организмов. Это отрицательно влияло на структуру поселений мидии. Более высокая гибель наиболее крупных, половозрелых моллюсков в период аноксии являлась причиной постоянного омоложения поселений мидии [1]. Так, за период 1984 – 1992 гг. средний возраст мидий в поселениях Украинского шельфа Черного моря уменьшился более чем вдвое. Максимальная продолжительность жизни моллюсков снизилась за этот период с 28 до 10 лет. Значительное уменьшение в поселениях количества мидий старших возрастных групп, уровень репродукции которых заметно выше, чем у молодых моллюсков, привело к снижению коэффициента их воспроизводства. По сравнению с 1985 г. его значения снизились более чем в 10 раз [2].

Было проанализировано влияние протяженности зоны придонной гипоксии на параметры популяции мидий Черного моря. Установлена положительная корреляция между площадью, охваченной гипоксией, и коэффициентом смертности мидий, величиной пополнения поселений молодью и

отрицательная – со средним возрастом мидии, коэффициентом воспроизводства моллюска [3]. В период 1993 – 2003 гг. популяционные параметры мидии этого региона не анализировались.

Целью данной работы явилось изучение параметров современной популяции мидии западной и северо-западной части Черного моря, анализ их изменчивости в пространстве и во времени, их взаимоотношение с факторами среды.

Материал и методы. Материалом для данной работы послужили бентосные пробы мидий, собранные на глубине 15 – 71 м в международном рейсе на НИС «Academic». Работы выполнялись в прибрежной зоне Болгарии, Румынии, Украины в период с 24 сентября до 13 октября 2003 г. Пробы отбирались драгой на 19 станциях (рис.1), где наблюдались наиболее массовые поселения этого моллюска.

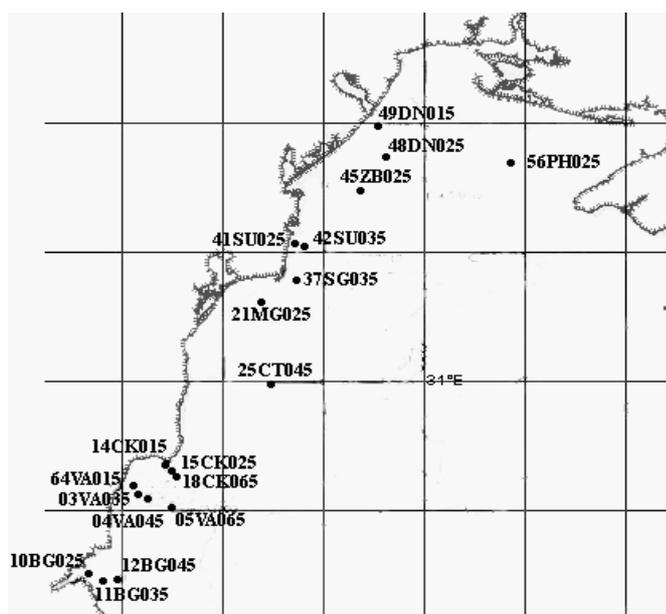
Индивидуальный возраст мидий определялся методом склерохронологии [4], в основе которого использовался подсчет ежегодных зон роста, выявляемых во внутреннем, перламутровом слое раковины. В качестве продолжительности жизни мидии использовался предельный возраст 95 % численности популяции моллюсков. Средний возраст мидий вычислялся как средняя геометрическая всех возрастных классов поселения.

Коэффициент смертности мидии Z был рассчитан по формуле:

$$N_t = N_0 \exp\{-zt\},$$

где N_t – численность мидии возраста t ; N_0 – первоначальная численность моллюска.

Изменчивость параметров популяции мидий во времени анализировали на основе их сравнения с показателями, полученными в предыдущие годы на станциях с аналогичными (или очень близкими) координатами и глубинами. Типы донных осадков выявлялись визуально на основе доминирова-



Р и с . 1 . Схема станций отбора проб мидий.

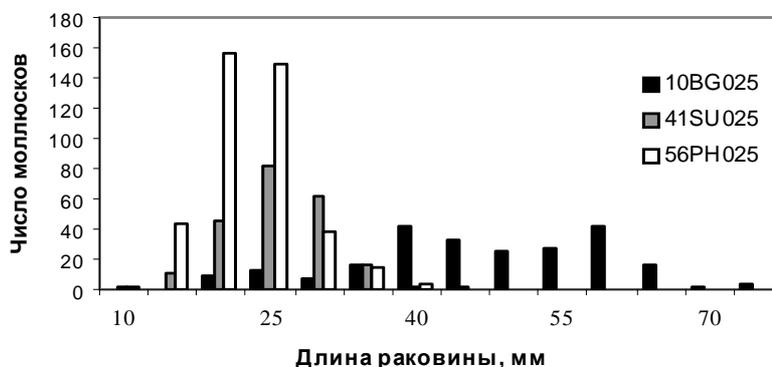
ния составляющих грунта. Всего выделено 6 типов субстрата: ил, песок, ракушка с илом, ракушка с песком, твердый каменистый грунт, глина с примесью ракушки. При статистической обработке материала использовали дисперсионный (ANOVA, ANCOVA) и корреляционный анализы.

Результаты и обсуждение. Размерная структура поселений моллюсков в изучаемых нами регионах существенно различается. Численность ювенильных и старых моллюсков в поселениях, как правило, не одинакова даже в пределах одного региона. Анализ размерной структуры поселений мидий, собранных на одной и той же глубине, но в разных регионах, показывает (рис.2), что по мере продвижения на северо-восток от побережья Болгарии в более опресненные реками участки моря доля мелкоразмерных (молодых) моллюсков в поселениях постепенно увеличивается, а крупноразмерных, более старых особей – уменьшается.

В различных регионах моря существенно колеблется максимальная длина раковин мидии (табл.1). Наиболее крупные моллюски, длиной до 96,9 мм, были обнаружены на глубине 37 м в районе Болгарского шельфа. Максимальная длина створок мидий, собранных на Румынском шельфе, составила 74,7 мм, на шельфе Украины – 69,8 мм. С помощью регрессионного анализа выявлена ($r = -0,859$; $p < 0,001$) отрицательная взаимосвязь максимальной длины мидии L_{max} и коэффициента смертности моллюска Z . Анализ варiances подтвердил наличие статистически значимой взаимосвязи L_{max} и Z ($F = 4,25$; $p = 0,0331$). Установлена также отрицательная взаимосвязь максимальной длины мидии и глубины обитания моллюска ($r = -0,70$; $p = 0,0197$).

Возрастная структура различных поселений мидий характеризовалась крайней неоднородностью (рис.3 – 6). Различия проявлялись как в количестве возрастных классов, так и в их соотношениях. Следует отметить, что характер возрастной структуры поселений моллюсков определяется степенью ежегодного пополнения молодью и уровнем смертности мидии.

Как видно из табл.1, эти показатели даже в пределах одного региона существенно колеблются. Максимальный возраст мидий в различных поселениях изменялся с 2 до 10 лет. Мидии возрастом 8 – 10 лет встречались только в поселениях Болгарского шельфа. Выявлена прямая корреляционная



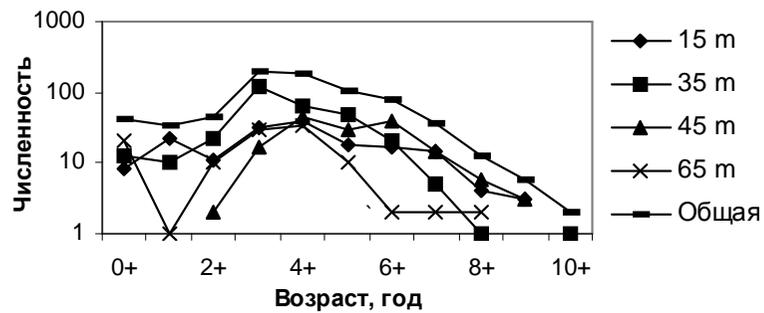
Р и с . 2 . Размерная структура поселений мидий с глубины 25 м шельфа Болгарии (ст.10BG025), Румынии (ст.41SU025) и Украины (ст.56PH025).

Т а б л и ц а 1. Популяционные показатели поселений мидии западной и северо-западной части Черного моря.

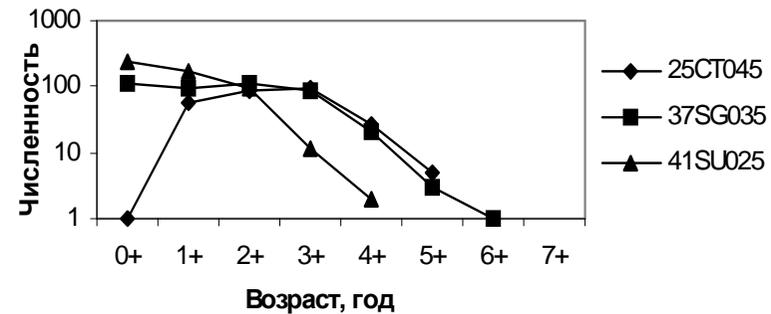
станция	глубина, м	максимальная длина, мм	средний возраст, год	продолжительность жизни, год	коэффициент смертности, год ⁻¹	доля выживания, %	% молоди
64VA015	15	81,8	3,9	7	0,417	65,9	4,8
03VA035	32	66,2	3,6	6	0,786	45,6	4,3
04VA045	42	65,0	5,1	7	0,578	56,1	0,0
05VA065	71	62,7	3,1	6	0,358	69,9	19,9
10BG025	25	72,6	2,7	5	0,676	50,9	9,8
11BG035	37	96,9	3,7	7	0,465	62,8	5,3
12BG045	43	64,8	3,0	6	0,238	78,8	15,8
14СК015	16	66,8	3,9	6	0,347	70,7	0,0
15СК025	25	70,3	2,8	5	0,661	51,6	18,2
18СК065	63	62,8	2,6	4	1,027	35,8	0,0
для шельфа Болгарии	15 – 71	96,9	3,4	7	0,365	69,4	6,0
21MG025	24	74,7	2,0	4	0,576	56,2	32,7
25СТ045	46	51,0	2,4	4	1,450	23,5	0,4
37SG035	38	64,3	1,7	3	0,811	44,5	25,2
41SU025	26	40,9	0,6	1	1,781	16,9	79,5
42SU035	36	50,9	0,6	2	1,456	23,3	22,4
для шельфа Румынии	24 – 46	74,7	1,6	4	0,770	46,3	30,0
49DN015	16	69,8	1,9	4	0,688	50,2	15,2
48DN025	25	44,4	0,8	2	1,364	25,6	65,5
45ZB025	23	59,6	1,5	3	0,783	45,7	28,5
56PH025	26	39,1	0,8	2	1,320	26,7	51,3
для шельфа Украины	16 – 26	69,8	1,3	3	0,985	37,3	39,6
общая для всего региона	15 – 71	96,9	2,1	5	0,618	53,9	25,6

зависимость ($r = 0,816$; $p = 0,0252$) максимального возраста мидии и уровня (%) насыщения придонных вод кислородом.

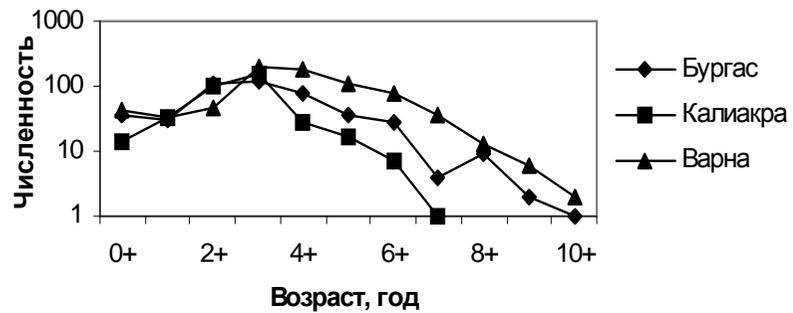
Анализ вариаис (ANCOVA) при использовании в качестве ковариансы глубины обитания мидий позволил выявить статистически значимое влияние ($F = 4,0$; $p = 0,0229$) на максимальный возраст моллюска характера грунта. Наивысший возраст мидий отмечался на ракуше с илом, минимальный – на глине.



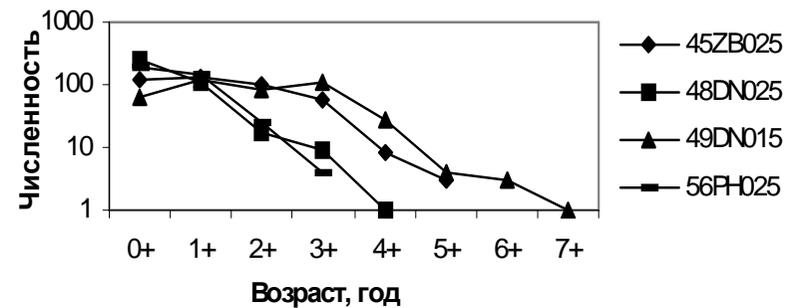
Р и с . 3 . Возрастная структура поселений мидий различных глубин Болгарского (Варна) шельфа.



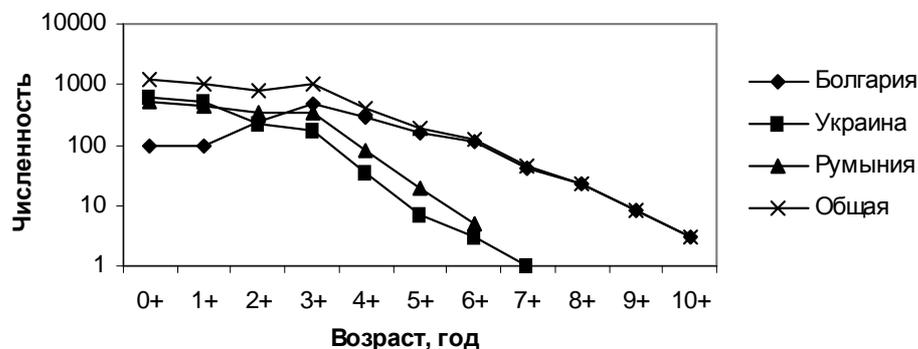
Р и с . 5 . Возрастная структура поселений мидий с различных станций Румынского шельфа.



Р и с . 4 . Возрастная структура поселений мидий различных районов Болгарского шельфа.



Р и с . 6 . Возрастная структура поселений мидий из различных станций Украинского шельфа.



Р и с . 7. Возрастная структура поселений мидий из различных районов западного и северо-западного шельфа Черного моря.

Средний возраст в различных поселениях моллюска изменялся с 0,6 до 5 лет. Низкие значения этого параметра характерны поселениям мидии из опресненных вод Румынии и Украины. Анализ кривых убывания численности возрастных групп (рис.3 – 7) указывает на нарушения стационарности структуры поселений моллюска, вызванные низким уровнем пополнения поселений молодью, наблюдаемым в последние годы.

Особенно остро это проявляется на шельфе Болгарии (рис.3), хотя подобное явление характерно и для всего изучаемого региона в целом.

Анализ дисперсионного анализа (ANOVA) позволил выявить наличие статистически значимой взаимосвязи ($F = 4,47$; $p = 0,0495$) доли осевшей молодежи и глубины обитания моллюсков. В поселениях моллюска, расположенных на глубине 15 – 26 м, доля осевшей молодежи оказалась в 3 раза выше, чем в более глубоководных поселениях моллюска. Многофакторный анализ, при котором в качестве ковариансы использовалась глубина обитания мидии, показал, что на долю осевшей молодежи мидии в поселении существенное влияние оказывает фактор «регион» ($F = 4,53$; $p = 0,0288$), стратификация водных масс ($F = 15,07$; $p = 0,0013$) и характер донных осадков ($F = 3,45$; $p = 0,0333$). Процент осевших моллюсков в 3 – 4 раза оказался выше в поселениях, расположенных на каменистом субстрате и на ракушечнике с примесью песка.

Стационарность возрастной структуры поселений мидий определяется не только уровнем ежегодного пополнения молодью, но и уровнем смертности моллюска. Коэффициент смертности мидии оказался минимальным ($0,238 \text{ год}^{-1}$) на Болгарском шельфе в районе побережья Бургаса на глубине 43 м. Здесь ежегодно выживает около 79 % первоначальной численности моллюска. Наибольший уровень смертности мидий, обитающих на Болгарском побережье (коэффициент смертности $1,028 \text{ год}^{-1}$) отмечен на глубине 63 м в районе м.Калиакра. Здесь ежегодная выживаемость мидии составляет 36 % первоначальной численности моллюска. В среднем для шельфа Болгарии коэффициент смертности мидии составил $0,365 \text{ год}^{-1}$, а ежегодная выживаемость – 69 %.

На шельфе Румынии наименьшие значения коэффициента смертности ($0,576 \text{ год}^{-1}$) отмечены на ст.21MG025 в поселении моллюска, расположенном на глубине 24 м на каменистом грунте. Ежегодная выживаемость ми-

дий здесь составила 56 %. Наибольший уровень смертности (коэффициент смертности $1,78 \text{ год}^{-1}$) зарегистрирован в районе устья Дуная (Сулина) на глубине 26 м. Ежегодная выживаемость мидии в этом регионе составила всего 17 % первоначальной численности моллюска. В среднем для мидий шельфа Румынии коэффициент смертности моллюска составляет $0,77 \text{ год}^{-1}$, а ежегодная выживаемость – 46 %.

На шельфе Украины наименьшая смертность мидии ($0,688 \text{ год}^{-1}$) отмечена у Днестра на ст.49DN015 на глубине 16 м. Здесь ежегодно выживает около 50 % численности моллюска. Наибольшая смертность моллюска (коэффициент смертности $1,3 \text{ год}^{-1}$) наблюдался на глубине 25 – 26 м в районе филлофорного поля Зернова (ст.48DN025 и 56PN025). Ежегодная выживаемость моллюска в этой части моря составила 26 %. В среднем для мидий шельфа Украины коэффициент смертности моллюска составляет $0,99 \text{ год}^{-1}$, а ежегодная выживаемость – 37 %.

Выявлена отрицательная корреляционная зависимость ($r = -0,860$; $p = 0,0003$) между уровнем насыщения вод кислородом (%) и коэффициентом смертности мидии Z . Следует отметить, что в этот период уровень насыщения придонных вод кислородом изменялся от 47 до 87 %.

Выявленная зависимость описывается следующим уравнением:

$$\% O_2 = 100,5 - 27,87 \cdot Z.$$

Поскольку коэффициент корреляции довольно высокий, то данное уравнение с некоторой долей допущения может быть использовано при прогнозной оценке смертности мидии.

Многофакторный дисперсионный анализ, при котором в качестве ковариансы использовалась глубина обитания мидии, показал достоверное влияние на коэффициент смертности мидий следующих факторов: регион исследования ($F = 6,15$; $p = 0,012$), стратификация водных масс ($F = 15,89$; $p = 0,0011$) и тип донных осадков ($F = 4,62$; $p = 0,0139$).

Как уже было сказано выше, наименьшие показатели смертности характерны для мидий с побережья Болгарии. По мере продвижения с юга Болгарии на северо-восток смертность моллюска возрастает, достигая максимума в более опресненных участках моря. На станциях, где отмечалась стратификация водных масс по температуре и солёности, средние значения коэффициента смертности мидий были вдвое выше, чем на станциях, где стратификации водных масс не наблюдалось. Анализ достоверности различий смертности мидий, обитающих на различных типах донных осадков, показал, что наибольшие значения коэффициента смертности моллюска наблюдаются на глине и ракушке с песком, а наименьшие – на ракушке с илом.

Продолжительность жизни моллюска в тех или иных условиях среды определяется характером ежегодного пополнения поселений молодью, смертностью мидий и уровнем выживаемости моллюска.

Как показали наши исследования, максимальная продолжительность жизни моллюска (7 лет) характерна для глубин 15 – 45 м Болгарского шельфа. Минимальные значения этого показателя (1 год) отмечены для мидий из приустьевых поселений шельфа Румынии с глубины 26 м, где отмечены и максимальные значения коэффициента смертности мидии ($1,78 \text{ год}^{-1}$). В районах, где отмечалась стратификация водных масс, наблюдалась прямая

Т а б л и ц а 2. Межгодовые изменения коэффициента смертности мидии и ежегодной доли выживания моллюска.

станции	коэффициент смертности, год ⁻¹			ежегодная выживаемость, % от первоначальной численности мидии			максимальный возраст мидии, год		
	годы								
	1989	1992	2003	1989	1992	2003	1989	1992	2003
04VA045	0,66	–	0,58	51,6	–	56,1	7	–	10
45ZB025	0,42	1,26	0,78	65,7	28,3	45,7	12	4	5
48DN025	1,30	–	1,36	27,3	–	25,6	4	–	4
49DN015	3,06	2,97	0,52	4,7	5,1	59,5	2	3	7
56PH025	0,64	1,92	1,33	52,7	14,7	26,4	6	3	3

взаимосвязь ($r = 0,82$; $p = 0,0252$) показателя продолжительности жизни мидии и уровня (%) насыщения кислородом придонных вод.

Анализ изменений характеристик смертности и выживаемости мидий во времени (табл.2) показывает, что по сравнению с уровнем 90-х гг. на Болгарском шельфе (ст.04VA045) эти показатели практически не изменились. Хотя к 2003 г. в этом поселении мидии появилась ничтожно малая доля (0,3 %) десятилетних моллюсков.

На некоторых станциях Украинского шельфа (особенно на ст.49DN015 и 45ZB025) смертность мидии к осени 2003 г. заметно снизилась, при этом доля (%) ежегодного выживания численности моллюска и максимальный возраст мидии увеличились, что может свидетельствовать о некотором улучшении состояния популяции мидий на небольших глубинах (16 – 26 м) шельфа Украины.

Выводы. Наименьший уровень смертности характерен для мидий с побережья Болгарии. По мере продвижения с юга Болгарии на северо-восток смертность моллюска возрастает, достигая максимума в более опресненных участках моря. На коэффициент смертности мидий достоверно оказывают влияние: регион исследования, стратификация водных масс и тип донных осадков.

Максимальная продолжительность жизни моллюска характерна для поселений мидий Болгарского шельфа. Минимальные значения этого показателя отмечены для мидий из приустьевых поселений шельфа Румынии. В районах, где отмечается стратификация водных масс, наблюдается прямая взаимосвязь продолжительности жизни мидии и уровня насыщения вод кислородом.

Выявлены нарушения стационарности структуры поселений моллюска, вызванные низким уровнем пополнения поселений молодью, наблюдаемым в последние годы. Особенно остро это проявляется на шельфе Болгарии. Наблюдается взаимосвязь доли осевшей молодежи и глубины обитания моллюсков. На величину осевшей молодежи мидии в поселении существенное влияние оказывают факторы – «регион», стратификация водных масс и характер донных осадков.

По сравнению с 90-ми гг. прошлого столетия на некоторых станциях, расположенных на небольших глубинах Украинского шельфа, смертность мидии заметно снизилась, при этом доля ежегодного выживания численности моллюска и максимальный возраст мидии увеличились, что свидетельствует о некотором улучшении состояния популяции мидий в этом регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Shurova N.M.* Influence of hypoxia on the state of the population of the Black Sea mussels // The Black Sea ecological problems: Collected papers / SCSEIO.– Odessa: SCSEIO.– 2000.– P.286-290.
2. *Shurova N.M.* Long-term changes in the population characteristics of the Black Sea mussels // *Unitas Malacologica*. 12th International Malacological Congress.– Vigo, Spain, 1995.– P.266.
3. *Shurova N.M., Studnichenko S.V.* The degradation of the Black Sea mussel settlements as a result of eutrophication and hypoxia // Inter. confer. 30th PACEM in Maribus. October 27-30, 2003.– Kiev, 2003.– P.22-23.
4. *Шурова Н. М., Золотарев В.Н.* Сезонные слои роста в раковинах мидий Черного моря // *Биология моря*.– 1988.– № 1.– С.18-22.

Материал поступил в редакцию 28.02.2005 г.