

ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НОВОГО ВСЕЛЕНЦА СКАФАРКИ (*Scapharca Cornea*, REEVE) В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ

Приводится количественная оценка связи встречаемости, численности, биомассы скафарки с основными факторами внешней среды: глубиной, типом грунта, соленостью, температурой и растворенным кислородом придонного слоя воды. Связь плотности скафарки с соленостью придонного слоя: $\eta = 0,95 \pm 0,05$; с температурой воды: $\eta = 0,56 \pm 0,20$; с растворенным кислородом: $\eta = 0,73 \pm 0,14$; с глубиной места: $\eta = 0,76 \pm 0,08$; с грунтом: $\eta = 0,48 \pm 0,17$. Оптимальные показатели солености 11 - 14‰, глубины – 3 – 10 м, тип грунта – ил и заиленный песок, температуры 13,5 - 15,5°C, растворенного кислорода в придонном слое 6,5 - 7,8 мл/л.

Ключевые слова: скафарка, количественная связь, численность, биомасса, глубина, грунт, соленость, температура, кислород.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ. АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Фауна Азово-Черноморского бассейна непрерывно пополняется новыми видами животных [1]. Особенно этот процесс активизировался в последнее время в связи с интенсификацией судоходства – увеличением количества судов и их скорости. За последние 10 лет список видов вселенцев в Черное море вырос в шесть раз, в том числе беспозвоночных с 15 в 1995 г. до 53 в 2002 г. Около 60% вселенцев (36 видов), не считая преднамеренно вселенных (8 видов), попали только в северо-западную часть Черного моря с помощью судов. Подтверждением факта завоза новых видов водным транспортом служат места их пер-

вых обнаружений. Как правило, это районы крупных портов [2]. Появление в составе фауны новых видов приводит к изменению структуры донных биоценозов и роли отдельных ее элементов [3, 4].

Двустворчатый моллюск скафарка (*Scapharca cornea* Reeve) [5] был обнаружен на ювенальной стадии в Черном море у берегов Кавказа в 1968 г. [6], у берегов Болгарии в 1981 г. [7]. В 1986 г. этот моллюск был обнаружен у берегов Украины в Жебриянской бухте и в районе о-ва Змеиный [8]. К 1989 г. он распространился вдоль берегов Кавказа в биоценозе венус от устья реки Ингури до Геленджика [9]. В Азовском море скафарка была обнаружена в 1989 г. в количестве 1 экз. на севере Казантипского залива [10]. В 1997 г. здесь был выделен биоценоз скафарки, который впоследствии распространился от Керченского пролива до Арабатского залива со средней плотностью руководящего вида 194 экз./м² [11]. В дальнейшем скафарка распространилась на север, где была найдена в прибрежье у поселка Кириловка и у Федотовой косы в 2005 г. [12]. В Керченском проливе скафарка была обнаружена в 1986 г. в количестве нескольких штук и небольшого размера, что свидетельствовало о недавнем ее вселении [8]. В 1989 г. ее численность в проливе по нашим данным заметно возросла, ареал охватил почти всю акваторию пролива и составил 260 км² [13].

В связи с непредсказуемостью, случайное вселение видов – один из наиболее существенных путей антропогенного воздействия на экосистему. Поэтому имеет большое значение изучение вселенца в новых условиях и, в частности, изучение его отношения к основным факторам внешней среды в новом ареале, что поможет прогнозировать его дальнейшее распрост-

ранение и количественное развитие. Распространение и количественное развитие скафарки освещено в ряде работ [9, 13 - 16]. Однако работ по изучению количественных связей нового вселенца с основными абиотическими факторами внешней среды (тип грунта, глубина, соленость воды и др.) в литературе нет. При описании находок скафарки приводились преимущественно глубина места и тип грунта [8, 9, 11 - 13], в некоторых случаях соленость придонного слоя [11 - 13]. Поскольку скафарка в Керченском проливе впервые была обнаружена в 1986 г., важно было изучить ее экологические требования на ранних стадиях освоения нового ареала.

Цель работы – определение количественных связей нового вселенца скафарки в Керченский пролив с основными факторами внешней среды.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор материала осуществлялся нами в Керченском проливе с 13 по 24 октября 1989 г. по сетке станций, охватывающей акваторию пролива от Азовского до Черного морей (рисунок 1). Выполнено 91 океанографическая и 78 бентосных станций, на которых собрано дночерпателем «Океан-50» 164 пробы и драгой 37. Ширина драги 1,8 м, высота 0,45 м, длина 1,5 м, расстояние между прутьями 0,035 м. Температура, соленость, растворенный в воде кислород измерялись по горизонтам и у дна. В проливе преобладает азовское течение [17], поэтому полученные

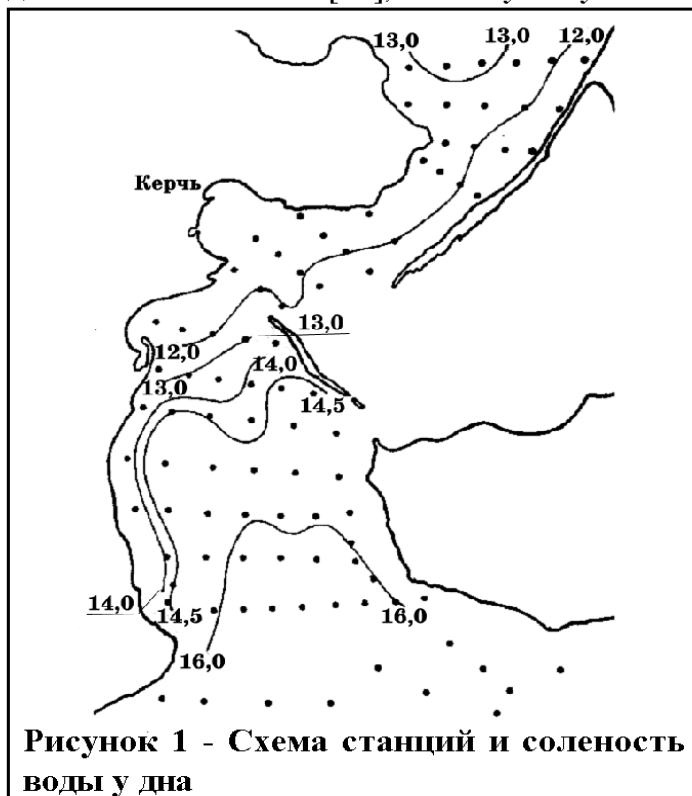


Рисунок 1 - Схема станций и соленость воды у дна

в рейсе данные по солености воды придонного слоя могут в определенной степени характеризовать ее и в другие годы.



Соленость воды придонного слоя в рейсе колебалась от 10,5 до 16,3‰, температура у дна – от 12,8 до 17,6°C, растворенный в воде кислород в придонном слое – от 5,24 до 8,49 мл/л. Произведено по 297 измерений температуры, солености, 534 анализа скафарки. Измерение моллюсков производилось на мерной доске с точностью до 1 мм. При камеральной обработке использовались средняя геометрическая величина плотности и биомассы [18] и методы вариационной статистики. Для изучения количественных связей скафарки с глубиной, грунтом, соленостью придонного слоя воды и другими факторами внешней среды использовались корреляционный, регрессионный и дисперсионный методы [19].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Камеральная обработка материала показала, что наибольшее количество скафарки в Керченском проливе отмечается на небольших глубинах (таблица 1).

Наибольшая встречаемость отмечается на глубинах 5 - 10 м (52,6%) и 3 - 5 м (31,6%). На этих же глубинах наибольшая плотность и биомасса. На глубинах свыше 10 м количество моллюсков невелико: встречаемость всего 15,8%, плотность 1,5 экз./м², биомасса 22,5 г/м².

Размеры скафарки в зависимости от глубины обитания также различны. Наибольшие размеры (45,5±0,340 мм и 44,9±0,270 мм) отмечены на глубинах 5 - 10 м и 3 - 5 м соответственно. На этих же глубинах и наибольшие максимальные размеры. Из данных, приведенных в таблице 1, видно, что в диапазоне глубин до 5 м и 5 - 10 м наибольшие показатели встречаемости, плотности, биомассы, среднего и максимального размеров скафарки.

Относительно типа грунта наибольшая плотность и биомасса скафарки приходится на заиленный песок и ил (таблица 2).

Наибольшая встречаемость отмечается на иле и заиленном песке (60,5% и 24,3% соответственно). На этих же грунтах наибольшие плотность (3,8±0,45 и 3,0±0,10 экз./м²) и биомасса (78,4±17,4 и 66,0±18,0 г/м²). Наименьшие показатели плотности и биомассы на ракушке. По мере изменения типа грунта от песка к илу изменя-

Таблиця 1 - Показатели популяции скафарки на различных глубинах

Глубина, м	Р, %	П, экз./м ²	Б, г/м ²	L ₁ , мм	Мода		L ₂ , мм
					мм	%	
3,1 - 5,0	31,6	3,5±0,78	82,4±1,09	44,9±0,27	40-50	65,8	55
5,1-10,0	52,6	4,3±0,96	72,9±2,12	45,5±0,34	40-55	78,5	59
10,1-15,0	15,8	1,5±0,67	22,5±1,37	41,9±0,19	35-45	84,8	48

Примечание: Р - встречаемость; П- плотность; Б - биомасса; L₁ - средний размер; L₂ - максимальный размер

Таблиця 2 - Показатели популяции скафарки на различных грунтах

Грунт	Р, %	П		Б		Мода		L ₁ , мм	L ₂ , мм
		экз./м ²	%	г/м ²	%	мм	%		
Песок заилен.	24,3	3,0±0,10	32,6	66,0±18,0	35,1	40-55	75,0	44,5±0,13	56
Ракуша заилен.	16,2	2,4±0,60	21,6	43,5±15,5	23,1	40-50	66,6	45,9±0,37	57
Ил	60,5	3,8±0,45	41,3	78,4±17,4	41,8	35-45	44,4	37,3±0,34	55

Примечание: Р- встречаемость; П- плотность; Б - биомасса; L₁ - средний размер; L₂ - максимальный размер

ются как средние размеры скафарки, так и модальная группа их популяции. На песке средний размер моллюсков 44,5±0,13 мм, а модальная группа 40 - 55 мм (75,0%), на ракуше 45,9±0,37 мм и модальная группа 40 - 50 мм (66,6%). На иле модальная группа и максимальный размер наименьшие.

На распределение скафарки оказывает влияние соленость воды придонного слоя (таблица 3).

Как видно из таблицы 3, наибольшая встречаемость этого вселенца отмечается в проливе при солености воды придонного слоя 13 - 14‰ (25,0%). Довольно большая встречаемость (23,9% и 19,5%) при солености 12 - 13‰ и 11 - 12‰, что свидетельствует о преимущественном распределении скафарки в диапазоне солености 11 - 14‰. В этих солевых условиях как наибольшая плотность (14,8 - 29,6%), так и биомасса (17,5 -

35,4%). Здесь отмечаются также наибольшие размеры моллюсков как средние, так и максимальные. Из изложенного следует, что в диапазоне солености 11-14‰ наибольшие показатели встречаемости, плотности, биомассы, средних и максимальных размеров скафарки. Из этого можно сделать вывод, что соленость 11 - 14‰ является оптимальной для жизнедеятельности керченской популяции скафарки. Пространственное распределение скафарки совпало с областью оптимальной для нее соленостью воды придонного слоя 11 - 14‰ (рисунок 2).

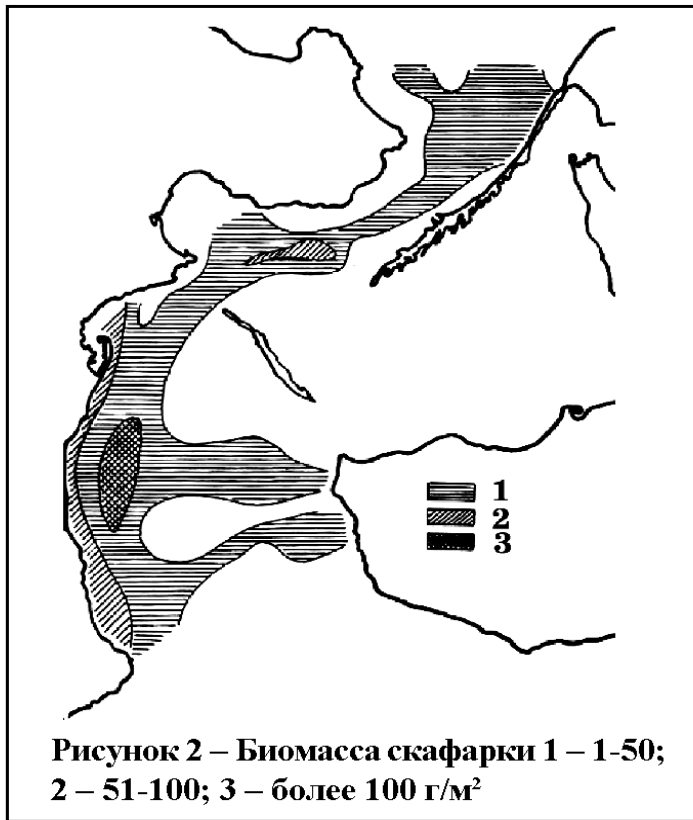
Для определения количественной связи скафарки с основными факторами среды были использованы корреляционный (r), регрессионный (R), дисперсионный (F) анализы. В результате было установлено, что плотность (D) этого моллюска, его биомасса (B) находятся в непрямоли-

Таблиця 3 - Показатели популяции скафарки при различной солености воды придонного слоя

S, ‰	Р, %	П		Б		Мода		L ₁ , мм	L ₂ , мм
		экз./м ²	%	г/м ²	%	мм	%		
До 11,0	7,8	3±0,78	11,1	27,3±0,95	5,7	40-50	95,7	43,6±0,21	53
11,1-12,0	19,5	4±0,83	14,8	83,7±0,87	17,5	40-50	62,1	43,7±0,17	54
12,1-13,0	23,9	7±0,92	25,9	127,0±0,53	26,5	40-50	72,5	47,6±0,16	56
13,1-14,0	25,0	8±0,79	29,6	170,0±0,74	35,4	35-45	70,0	41,5±0,13	57
14,1-15,0	12,8	3±0,67	11,1	39,0±0,65	8,1	35-45	80,3	40,2±0,16	48
15,1-16,0	11,0	2±0,53	7,5	32,6±0,37	6,8	35-45	77,5	40,3±0,13	48

Примечание: S - соленость воды у дна; Р- встречаемость; П- плотность; Б - биомасса; L₁ - средний размер; L₂ - максимальный размер

нейной зависимости от солености (S) придонного слоя воды, типа грунта (G), глубины (H), растворенного в воде кислорода (O_2) и температуры воды придонного слоя (T).



Зависимость плотности и биомассы скафарки от солености воды высокая: коэффициент корреляции $r_{D/S} = -0,90 \pm 0,26$; $r_{B/S} = -0,96 \pm 0,23$. Коэффициент корреляционных отношений $\eta_{D/S} = 0,95 \pm 0,04$; $\eta_{B/S} = 0,93 \pm 0,03$. Коэффициент регрессии $R_{D/S} = 41,11 \pm 1,22$; $R_{B/S} = 48,97 \pm 0,08$. Ареал скафарки в проливе совпадает с опресненным азовским течением, что наглядно показывает рисунок 2.

Зависимость плотности и биомассы скафарки от типа грунта меньше, чем с соленостью: $r_{D/G} = -0,28 \pm 0,12$; $r_{B/G} = -0,22 \pm 0,10$. Ранговый коэффициент $\rho_{D/G} = 0,48 \pm 0,17$; $\rho_{B/G} = 0,49 \pm 0,18$; Коэффициент регрессии $R_{D/G} = 32,12 \pm 0,91$; $R_{B/G} = 36,21 \pm 0,96$.

Зависимость плотности и биомассы вселенца от глубины выше, чем от типа грунта: $r_{D/H} = -0,78 \pm 0,22$; $r_{B/H} = -0,79 \pm 0,18$. Коэффициент корреляционных отношений $\eta_{D/H} = 0,76 \pm 0,08$; $\eta_{B/H} = 0,77 \pm 0,05$.

Определена зависимость плотности и биомассы скафарки от растворенного в воде кислорода (O_2) и температуры воды придонного слоя (T). Коэффициент корреляционных отношений

$$\eta_{D/O} = 0,73 \pm 0,14; \eta_{B/O} = 0,78 \pm 0,11; \eta_{D/T} = 0,56 \pm 0,20; \eta_{B/T} = 0,45 \pm 0,14.$$

Был проведен дисперсионный анализ (F) зависимости численности (D) и биомассы (B) от солености (S), глубины (H), растворенного в воде кислорода (O_2) и температуры воды придонного слоя (T): $F_{D/S} = 3,53$; $F_{B/S} = 4,0$; $F_{D/H} = 2,50$; $F_{B/H} = 3,51$; $F_{D/O} = 2,75$; $F_{B/O} = 2,85$; $F_{D/T} = 3,40$; $F_{B/T} = 2,90$.

Вероятность всех рассчитанных показателей высокая: $t_{\text{fact}} > t_{\text{stat}}$ при $P = 0,01; 0,05; 0,1, P > 90$. Связь плотности, биомассы скафарки с соленостью, глубиной, типом грунта, растворенным в воде кислородом и температурой воды придонного слоя криволинейная ($t_{\text{кр}} > 3$).

Зависимость численности и биомассы скафарки от солености воды, типа грунта, глубины, растворенного в воде кислорода и температуры воды придонного слоя выражается эмпирическими уравнениями параболы второго порядка:

$$D = -48,32 + 8,14 S - 3,33 S^2,$$

$$D = 14,98 - 7,39 G - 1,04 G^2,$$

$$D = 34,70 - 8,61 H - 0,50 H^2,$$

$$D = -121,6 + 36,92 O - 2,60 O^2,$$

$$D = -119,30 + 17,24 T - 0,60 T^2,$$

$$B = -2166 + 352,8 S - 13,58 S^2,$$

$$B = 400,31 - 203,5 G - 27,78 G^2,$$

$$B = -3518 + 1007 H - 51,0 H^2,$$

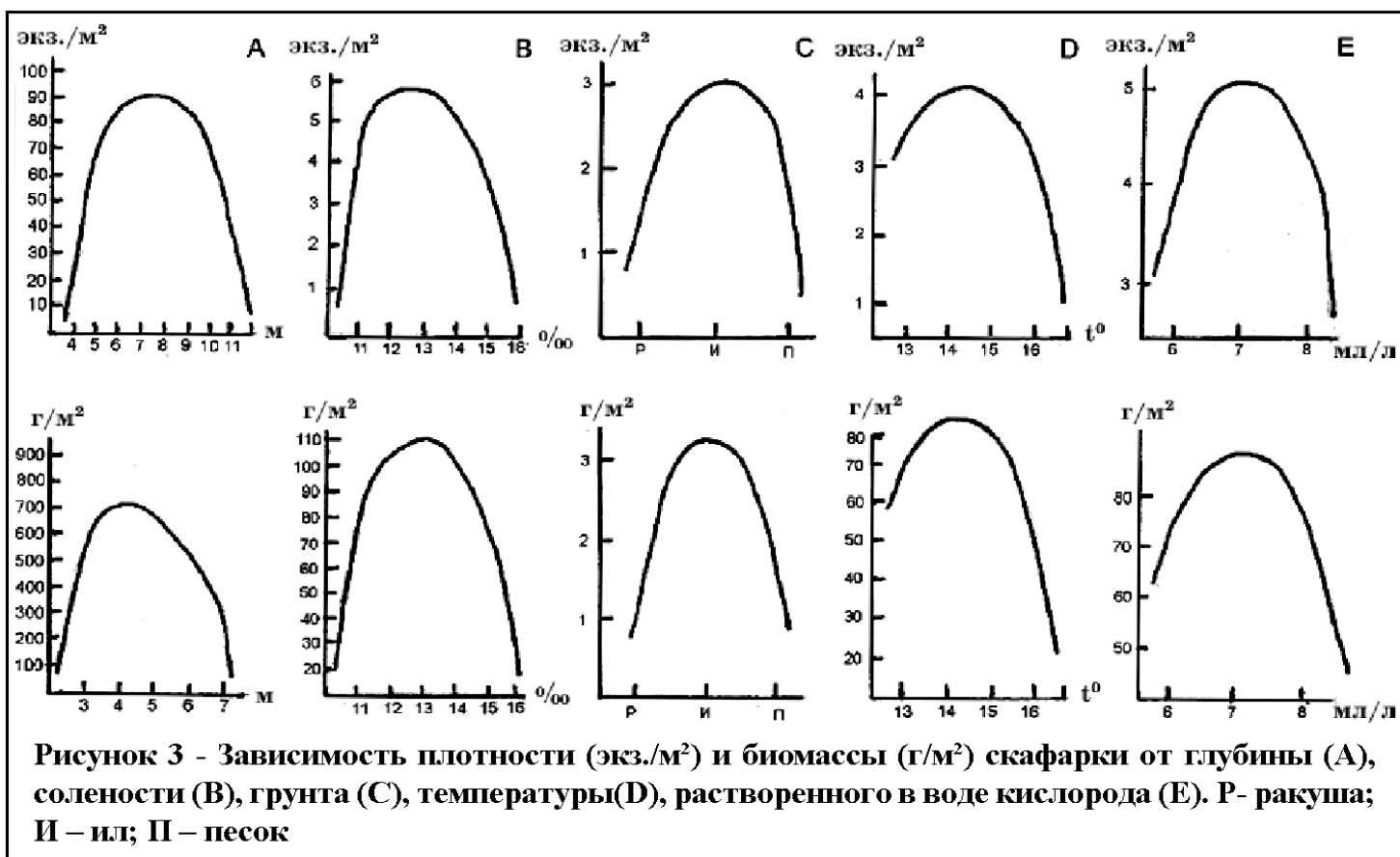
$$B = -911,0 + 202,4 O - 21,35 O^2,$$

$$B = -3486,0 + 493,5 T - 17,02 T^2.$$

По приведенным уравнениям можно рассчитать реакцию скафарки на изменение одного из условий в новом ареале, а также определить благоприятные параметры среды для вселенца. Оптимальными для керченской популяции скафарки являются соленость 11 - 14‰, глубина до 10 м, грунт ил с заиленным песком, температура воды придонного слоя 13,5 - 15,5°C, растворенного в воде кислорода у дна 6,5 - 7,8 мл/л. Графическое изображение зависимости распределения плотности, биомассы от солености придонного слоя, глубины места и типа грунта представлены на рисунке 3.

ВЫВОДЫ

- Определена количественная оценка связи плотности и биомассы скафарки с основными факторами внешней среды (глубина, тип грунта,



соленость, растворенный в воде кислород, температура воды придонного слоя).

- Наибольшая связь плотности и биомассы вселенца отмечается с соленостью воды: $\eta_{D/S} = 0,95 \pm 0,04$; $\eta_{B/S} = 0,93 \pm 0,03$. Оптимальный диапазон солености 11 - 14‰.

- Количественная связь распределения скафарки с глубиной обратная: с увеличением глубины количественные показатели популяции (встречаемость, плотность, биомасса, мода) уменьшаются. Оптимальными для популяции являются глубины 3 - 10 м. На этих глубинах наибольшие средние, а также максимальные размеры моллюсков.

- Наибольшая встречаемость скафарки на иле (60,5%). Здесь же наибольшие ее плотность и биомасса. Самые низкие показатели плотности и биомассы на ракуше. Ранговый коэффициент $\rho_{D/G} = 0,48 \pm 0,17$; $\rho_{B/G} = 0,49 \pm 0,18$.

- Зависимость плотности (D) и биомассы (B) скафарки от растворенного в воде кислорода (O₂) и температуры (T) придонного слоя воды средняя. Коэффициенты корреляционных отношений: $\eta_{D/O} = 0,73 \pm 0,14$; $\eta_{B/O} = 0,78 \pm 0,11$; $\eta_{D/T} = 0,56 \pm 0,20$; $\eta_{B/T} = 0,45 \pm 0,14$. Оптимальной для скафарки является температура придонного

слоя воды 13,5 - 15,5⁰С, растворенный в воде кислород у дна 6,5 - 7,8 мг/л.

Выражаю благодарность инженеру ЮгНИРО Г.П. Карпенко за обработку материала гидрoхимических проб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шадрин Н.В. Дальние вселенцы в Черном и Азовском морях: экологические взрывы, их причины, последствия, прогноз. // Экология моря. – 2000. – вып.51. – С. 72 – 78.
2. Александров Б.Г. Экзотические водные организмы // Северо-западная часть Черного моря: биология и экология. Киев: Наукова думка, 2006. С. 347-348.
3. Иванов Д.А. Экологическая сукцессия донных биоценозов северо-западной части Черного моря после вселения моллюска *Mya arenaria* L. // Экологические проблемы Черного моря, Междунар. научно-практич. конф. 31.05-1.06. 2007. Одесса. Одесса: ИНВАЦ, 2007. С. 101-105.
4. Иванов Д.А., Синегуб И.А. Трансформация биоценозов Керченского пролива после вселения хищного моллюска *Rapana thomasiana* и двустворчатых *Mya arenaria* и *Sineaqa somea* // Современные проблемы Азово-Черноморского региона // Мат. III Междунар. конф. 10-11XI 2007. Керчь: ЮгНИРО. 2008. – С. 45-51.
5. Гетманенко В.А., Губанов Е.П. Особенности вида и роль моллюсков *Scapharca somea* (Reeve) в трофической цепи Азовского моря // Рыбне господарство України. – 2007. - №3-4. – С. 31-37.
6. Киселева М.И. Сравнительная характеристика донных сообществ у побережья Кавказа // Многолетние изменения зообентоса в Черном море. 1992. – Киев: Наук. думка. – С. 84-99.
7. Маринов Т., Стойков Ст., М'Барек М. Зообентосът от сублиторального пясочно и тинисто дъно на Варненския залив. // Известия Ин-та рыбн. ресурс. – 1983. – 20. – С. 109-133.
8. Золотарев В.Н. Золотарев П.Н. Двустворчатый моллюск *Sineaqa somea* – новый элемент фауны Черного моря // Доклады АН СССР. 1987. – 297, №2. – С. 501-503.
9. Алексеев Р.П. Синегуб И.А. Макрозообентос и донные биоценозы Черного моря на шельфах Кавказа, Крыма и Болгарии // Экология прибрежной зоны Черного моря. – 1992. М: ВНИРО. – С. 218-234.
10. Чихачев А.С., Фроленко Л.Н., Реков Ю.И. Новый вселенец в Азовское море // Рыбное хозяйство. – 1994. - №3. – С. 40.
11. Фроленко Л.Н., Двинянинова О.В. Формирование биоценоза вселенца кунарки *Sineaqa somea* в Азовском море // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. Сборник научных трудов (1996-1997). – 1998. – Ростов-на Дону: АЗНИИРХ. – С. 115-118.
12. Аннстратенко В.В., Халиман И.А. Двустворчатый моллюск *Anadara inaequalis* в северной части Азовского моря: завершение колонизации Азово-Черноморского бассейна // Вестник зоологии. – 2006. – 40, №6 – С. 505-511.

13. Иванов Д.А. Аутоакклиматизация промыслового двустворчатого моллюска *Scapharca comea* в Керченском проливе // Биология моря, 1991, №5. – С. 95-98.
14. Кънева-Абаджиева В., Маринов Т. Нов вид мидя за Черне море (*Scapharca comea*) // Природа (болг.).1984. – 1. – С. 165-189.
15. Цретков Л., Маринов Т. Фаунистическое пополнение Черного моря и изменение его донных экосистем. // Хидробиология (болг.). – 1986. – 27. – С. 3-21.
16. Gotoiu M.T. *Scapharca inaequalis* (Bruguère) – A new species in the Black Sea / Ser. mar. 1984, №17. – P. 131-141.
17. Ганькевич В.В. О течениях в Керченском проливе // Труды Всесоюз. гидробиологич. съезда. Л., 1929. – ч. II. – С. 401-403.
18. Несис К.Н. Применение геометрической средней при изучении распределения водных организмов // Труды Всес. НИИ морск. хоз-ва и океанографии. – 1969. – 65. – С. 304-309.
19. Плохинский Н.А. Биометрия. М: Моск. ун-верс. 1970. – 361 с.

СТАТТЯ ПОСТУПИЛА 18.07.2011 г.

ІВАНОВ Д.А.

ВПЛИВ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА РОЗПОДІЛНОВОГО ВСЕЛЕНЦЯ СКАФАРКИ (*SCAPHARCA CORNEA* REEVE) В КЕРЧЕНСЬКІЙ ЗАТОЦІ.

Наводиться кількісна оцінка зв'язку зустрічності, чисельності, біомаси скафарки з основними чинниками зовнішнього середовища: глибиною, типом ґрунта, солоністю, температурою і розчинним киснем придонного шару води. Зв'язок з солоністю води $\eta_{D/S} = 0,95 \pm 0,048$, $\eta_{B/S} = 0,93 \pm 0,032$; з глибиною $\eta_{D/H} = 0,76 \pm 0,08$, $\eta_{B/H} = 0,77 \pm 0,058$; з ґрунтом $\rho_{D/G} = 0,48 \pm 0,17$; $\rho_{B/G} = 0,49 \pm 0,18$, з киснем $\eta_{D/O} = 0,73 \pm 0,14$; $\eta_{B/O} = 0,78 \pm 0,11$, з температурою $\eta_{D/T} = 0,56 \pm 0,20$; $\eta_{B/T} = 0,45 \pm 0,14$. Оптимальний діапазон солоності 11-14‰, глибини 3-10 м, тип ґрунта – мул та замулений пісок.



IVANOV D.A.

INFUENCE ENVIRONMENT ON DISTRIBUTION NEW THE ALIEN *SCAPHARCA CORNEA* REEVE IN KERCH STRAIT.

A quantitative evaluation of the link of density (D) and biomass (B) of *Scapharca comea* with the main environmental factors as depth (H), type of sediment (G) and salinity of the near bottom layer (S) has been made. The greatest quantitative link of *Scapharca comea* is observed with salinity of the near bottom layer $\eta_{D/S} = 0,95 \pm 0,048$, $\eta_{B/S} = 0,93 \pm 0,032$, the smallest with depth $\eta_{D/H} = 0,76 \pm 0,08$, $\eta_{B/H} = 0,77 \pm 0,058$, and the sediment $\rho_{D/G} = 0,48 \pm 0,17$; $\rho_{B/G} = 0,49 \pm 0,18$. The optimum range of salinity 11-14‰, depth – 3-10 m, sediment type – silt and silty sand.