

**ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ЧЕРНОМОРСКОЙ МИДИИ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM..
В УСЛОВИЯХ ЭВТРОФИРОВАНИЯ МОРСКИХ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД**

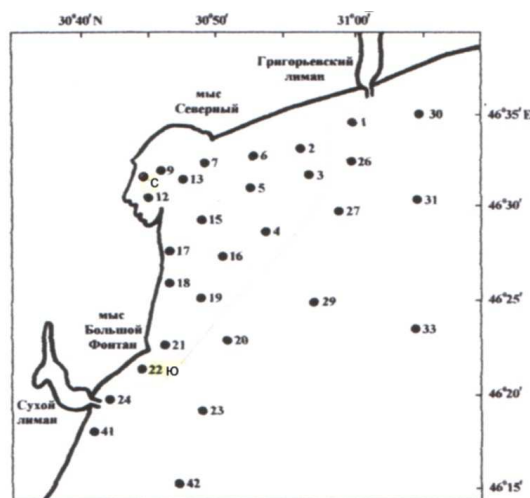
Выявлены характеристики роста, продукции, смертности, средний возраст, продолжительность жизни мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. Одесского региона, районов выпуска вод СБО «Южная» и «Северная». Моллюски, собранные в Одесском регионе, обладали более высокими темпами роста и выживаемостью. При этом поселения мидии районов выпуска очистных вод характеризовались омоложением возрастного состава, увеличением смертности, снижением продолжительности жизни мидий. Делается вывод о том, что высокое эвтрофирование вод вызывает угнетение роста и снижение выживаемости мидии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *Mytilus galloprovincialis* Lam., *рост, продукция, выживаемость, продолжительности жизни, источники загрязнения, Одесский регион.*

Одним из наиболее массовых моллюсков Черного моря является мидия *Mytilus galloprovincialis* Lam. Многие её популяционные характеристики являются интегральными показателями, по характеру которых можно судить о степени благоприятности факторов среды для вида в конкретном местообитании. Ранее было отмечено, что в современных условиях северо-западного шельфа Черного моря при высокой степени эвтрофирования вод некоторые популяционные показатели мидии претерпели значительные изменения [1].

Целью данной работы было изучение характеристик роста, продукции, выживаемости, продолжительности жизни мидии, а также анализ изменчивости этих показателей в зависимости от удаленности от источника загрязнения прибрежных морских вод. Для определения тенденции их изменчивости был выбран Одесский регион, как один из наиболее эвтрофированных регионов Черного моря, подверженный влиянию биогенных и загрязняющих веществ за счет их поступления из приустьевых районов моря и береговых источников – выпусков дренажных и очистных вод, ливневых и аварийных коллекторов [2]. В связи с этим влияние на донные биоценозы Одесского региона точечных источников загрязнения – выпускных вод станции биологической очистки (СБО) «Южная» и СБО «Северная» представляется особенно актуальным.

Материал и методика. Для выявления антропогенного влияния на популяционные показатели мидии *M. galloprovincialis* в донных поселениях Одесского региона, пробы моллюска отбирали в июне 2010 г. в его акватории, а также в районах выпуска вод очистных сооружений «Южная» (на рис.1 между ст.21 и 22) и «Северная» (на рис.1 между ст. 9 и 12) по мере удаления от точки сброса от 300 до 1550 м в четырех направлениях – север, юг, восток, запад. Следует отметить, что выпуск вод СБО «Северная» расположен всего в 250 м от уреза воды, а на СБО «Южная» осуществляется через глубоководный выпуск [3]. В данной статье Одесский регион будет рас-



Р и с . 1. Схема расположения станций Одесского региона 23 – 28 июня 2010 г.

мидий, k – показатель возрастного замедления скорости роста, t_0 – возраст, при котором $L_t = 0$.

Коэффициенты L_∞ , k и t_0 этого уравнения находили нелинейным методом наименьших квадратов, используя пакет статистических программ FISAT II [5]. Последний был также применен в расчетах индекса ϕ' как интегральной характеристики роста животных [6, 7], основанной на коэффициентах L_∞ и k уравнения Берталанфи:

$$\phi' = \log k + 2\log L. \quad (2)$$

В некоторых случаях характер роста мидий более точно описывался уравнением прямой:

$$L_t = a + bt, \quad (3)$$

где a и b – эмпирические коэффициенты.

Для сравнения темпов роста мидий в качестве единого расчетного показателя использовали характеристику роста T_{40} , т.е. время (в годах) достижения моллюсками длины 40 мм [8]:

$$T_{40} = t_0 - (1/k) [\ln(1 - 40/L_\infty)],$$

где t_0 , k , L_∞ – коэффициенты уравнения роста Берталанфи.

Средние значения показателей роста для фонового района и района южных очистных сооружений рассчитывали объединением моллюсков соответствующего района в одну выборку.

Продукцию мидии *M. galloprovincialis* рассчитывали по ранее обоснованному [9] эмпирическому уравнению множественной регрессии на основе стандартных гидробиологических данных об их численности и биомассе в отдельных поселениях:

$$\ln P = 1,004 \cdot \ln B - 0,484 \cdot \ln W \quad (R^2 = 0,970; SE = 0,237).$$

Здесь R^2 – коэффициент детерминации, SE – стандартная ошибка рассчитанных значений $\ln P$.

сма трива ть ся как фоно в ый райо н для выя вле ния влия ния лока ль- ных исто чни ков антро по ге нно го за гряз не ния – СБО «Ю жная» и «Се верная».

Ин ди ви ду а ль ный воз раст мол люс ков опре де ля ли ме то дом ск ле ро хро но ло гии по се зо н ным сло ям ро ста, выя вля е мым во в ну т ре ннем пер ла му тр о вом сло е ра ко в ин на ра ди а ль ных сре зах ст во ро к [4]. В ка че ст ве мо де ли ли ней но го ро ста ми ди й ис поль зо ва ли у ра в не ние Бер та лан фи:

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)}), \quad (1)$$

где L_t – дли на мол люс ка в воз рас те t , L_∞ – пре де ль ная дли на ми-

Годовой P/B -коэффициент выявляли соотношением продукции, рассчитанной по уравнению множественной регрессии, и биомассы мидий. Значение B в P/B -коэффициенте определяет биомассу моллюсков во время отбора проб.

В связи с агрегированным характером пространственного распределения моллюсков средние значения численности и биомассы определяли после логарифмирования их исходных значений [10].

Ежегодную выживаемость определяли по ранее обоснованному эмпирическому соотношению [11]:

$$V = 0,984 V_{P/B} \quad (R^2 = 89,5; SE = 0,053),$$

где $V_{P/B}$ – ежегодная выживаемость, рассчитанная по значению годового P/B -коэффициента $V_{P/B} = e^{-P/B}$; поскольку в стационарных поселениях гидробионтов коэффициент смертности равен P/B -коэффициенту [12, 13].

Результаты и обсуждение. Коэффициент k уравнения роста Берталанфи, характеризующий возрастные замедления скорости роста, для моллюсков Одесского региона меняется от 0,07 до 0,23, в среднем составляя 0,08, для района СБО «Южная» – от 0,13 до 0,50, в среднем составляя 0,15. Предельный размер L_∞ также подвержен существенным колебаниям – от 68,9 до 147,0 в Одесском регионе, от 43,3 до 99,8 в районе СБО «Южная». Индекс эффективности роста ϕ проявляет региональные различия. Значения ϕ' у мидий Одесского региона варьируют от 3,04 до 3,24 при среднем значении 3,21, для района станции «Южная» – от 2,97 до 3,11 при среднем значении 3,07 (табл.1). На отдельных станциях (ЮВ800, ЮЮ1100) между возрастом моллюсков и их длиной проявляется прямолинейная зависимость. Такой характер роста может объясняться тем, что при небольшом количестве возрастных классов (до 3) кривые роста мидий со слабым возрастным уменьшением годовых приростов не отличаются от отрезков прямых. Расчет времени достижения моллюсками длины 40 мм для таких поселений мидии связан со значительной погрешностью ввиду недостаточной численности старших возрастных классов, поэтому в поселениях района выпуска очистных вод (ЮВ800, ЮЮ1100) время достижения длины 40 мм не выявляли.

Сравнительный анализ кривых роста мидий, собранных в поселениях Одесского региона на глубине от 8 до 24 м, показал, что по скорости роста эти моллюски незначительно отличаются от мидий, собранных в районе выпуска вод СБО «Южная». Если длины 40 мм в акватории Одесского региона моллюски достигали в среднем за 3,09 года, то в районе выпуска вод станции «Южная» – за 3,15 года.

В районе выпуска вод СБО «Северная», где производился отбор проб, поселения мидии *M. galloprovincialis* отсутствуют вообще, встречались лишь единичные особи моллюска. Влияние этого выпуска вод ощутимо также на ст. 13 и 6, которые более удалены от выпуска вод СБО «Северная». Для этих поселений моллюска характерны более высокие значения P/B -коэффициента и низкая выживаемость (табл.2) мидий в акватории Одесского региона.

Значения P/B -коэффициента мидий для рассматриваемых районов отличаются, варьируя для Одесского региона от 0,42 до 0,84, в среднем составляя 0,62, для района СБО «Южная» – от 0,99 до 1,58, в среднем составляя 1,26. Высокие значения P/B -коэффициента объясняются большой долей сеголеток (61 %) в поселениях мидии района выпуска вод очистной стан-

Т а б л и ц а 1. Характеристики роста *Mytilus galloprovincialis* в донных поселениях Одесского региона в 2010 г.

станция	L_{∞}	k	φ'	T_{max}	T_{40}
	a	b			
фоновый район					
2	147,0	0,08	3,24	7	3,04
6	110,1	0,10	3,08	5	3,19
9	91,9	0,15	3,10	5	3,09
13	68,9	0,23	3,04	4	3,19
19	92,3	0,14	3,08	6	3,07
24	97,6	0,13	3,09	5	2,97
41	94,3	0,16	3,15	7	3,11
Л	107,8	0,11	3,11	5	3,18
А	144,2	0,07	3,18	7	3,07
среднее	142,0	0,08	3,21		3,09
район южных очистных сооружений					
ЮЮ1500	43,3	0,50	2,97	3	4,60
ЮС800	99,8	0,13	3,11	6	3,49
ЮВ800	2,79	17,05		2	
ЮЮ1100	8,34	13,29		2	
среднее	88,7	0,15	3,07		3,27

Примечание: L_{∞} , k – коэффициенты уравнения роста Берталанди (1); a и b – эмпирические коэффициенты уравнения (3); φ' – интегральная характеристика роста по уравнению (2); T_{max} – максимальный возраст, год; T_{40} – возраст достижения мидией длины 40 мм, год.

ции «Южная». В Одесском регионе количество сеголеток меньше, составляя лишь 25 % общей численности. В связи с этим средний возраст мидии поселений Одесского региона выше (1,74 года), чем в районе СБО «Южная» – 1 год.

Ежегодная выживаемость мидий в поселениях Одесского региона изменяется от 42 до 65 % , составляя в среднем 53 % , тогда как в районе выпуска станции «Южная» максимальная выживаемость не превышает 37 % при среднем уровне 28 %.

Дисперсионный анализ изменений выживаемости мидий из рассматриваемых районов, при использовании в качестве коварианс глубины обитания, средней массы одной особи и биомассы, показал (табл.3) статистически значимое влияние средней массы одной особи ($F = 20,16$; $p = 0,002$). Влияние глубины обитания моллюска на изменчивость выживания в данном случае оказалось статистически не значимым ($F = 0,01$; $p = 0,928$). Однако здесь отчетливо выявляются межрайонные различия средних значений выживаемости мидий ($F = 13,14$; $p = 0,0067$).

Выводы. Характеристики роста, продукционные показатели, выживаемость двусторчатого моллюска *M. galloprovincialis* в донных поселениях

Т а б л и ц а 2. Продукционные характеристики *Mytilus galloprovincialis* в донных поселениях Одесского региона в 2010 г.

станция	<i>H</i>	грунт	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>W</i>	<i>P</i>	<i>P/B</i>	<i>V</i> , %
фоновый район								
2	11,0	ракуша	1035	30787	2,97	1887,2	0,61	53
6	10,7	ракуша	1310	3195,0	2,44	2142,9	0,67	50
9	9,5	ракуша	157	385,5	2,46	255,4	0,66	51
13	10,0	ил	630	965,1	1,53	807,5	0,84	42
19	24,0	ил	520	1685,0	3,24	982,7	0,58	55
24	14,0	ракуша	855	2206,6	2,58	1438,4	0,65	51
41	10,0	ракуша	160	292,6	1,83	223,4	0,76	46
Л	8,0	друзы мидий	350	1600,0	4,57	789,8	0,49	60
А	11,3	песок	300	1922,4	6,41	806,2	0,42	65
среднее			464	1320,9	2,84	820,0	0,62	53
район очистных сооружений «Южная»								
ЮЮ1100	18,5	ил	1260	1357,3	1,08	1346,0	0,99	37
ЮЮ1500	18,3	ил	2040	834,8	0,41	1320,3	1,58	20
ЮС800	12,5	ракуша	2725	2394,5	0,89	2613,5	1,09	33
ЮВ800	18,0	ил	180	82,9	0,46	122,9	1,48	22
среднее			1060	688,7	0,65	870,8	1,26	28

Примечание: *H* – глубина, м; *N* – численность, экз/м²; *B* – биомасса, г/м²; *W* – средняя масса одной особи, г; *P* – продукция, г; *V*, % – ежегодная выживаемость.

Одесского региона и районов выпуска вод СБО «Южная» и «Северная», как районов с максимальным уровнем антропогенной нагрузки, различаются. Влияние точечных источников загрязнения и распреснения морской воды на естественные донные поселения мидии Одесского залива проявляется в уменьшении выживаемости, продолжительности жизни, преобладании молодых мелкоразмерных особей в поселениях. Дальнейшее уменьшение количества особей промыслового размера, выживаемости мидии и пополнения популяции молодью под влиянием эвтрофирования может привести к полному уничтожению поселений этого моллюска в Одесском регионе.

Т а б л и ц а 3. Результаты дисперсионного анализа изменений выживаемости *Mytilus galloprovincialis* Одесского региона в 2010 г.

показатели	Σ квадратов	<i>Df</i>	средняя Σ квадратов	<i>F</i>	<i>p</i>
глубина	0,14799	1	0,14799	0,01	0,928
биомасса	30,9213	1	30,9213	1,81	0,215
средняя масса одной особи	344,389	1	344,389	20,16	0,002
район	224,551	1	224,551	13,14	0,007
остатки	136,662	8	17,0828		
всего	2274,92	12			

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шурова Н.М., Стадниченко С.В. Изменения популяционных характеристик черноморской мидии и стратегия формирования её популяции в современных условиях среды // Вісн. Житомир. пед. унів.— 2002.— вип.10.— С.137-139.
2. Дятлов С.Е., Петросян, А.Г., Кошелев А. В. Биотестирование // Северо-западная часть Черного моря: биология и экология», раздел I, глава 4.— Киев: Наукова думка, 2006.— С.87-101.
3. Адобовский В.В. Антропогенно преобразованная прибрежная зона // Северо-западная часть Черного моря: биология и экология», раздел I, глава 2.— Киев: Наукова думка, 2006.— С.52-58.
4. Шурова Н.М., Золотарев В.Н. Сезонные слои роста в раковинах мидий Черного моря // Биология моря.— 1988.— № 1.— С.18-22.
5. Fisat II: FAO-ICLARM Fish Stock Assessment Tools (version 1.2.0) Eds Gayanilo F.C., Sparre P., Pauly D.— FAO, Rome, 2002. <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/en>
6. Munro J.L., Pauly D. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates // Fishbite.— 1983.— v.1— P.5-6.
7. Pauly D., Munro J.L. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates // ICLARM Fishbyte.— 1989.— v.2, № 1.— P.21.
8. Шурова Н.М., Золотарев В.Н., Варигин А.Ю. Особенности роста мидий *Mytilus galloprovincialis* в северо-западной части Черного моря // Биология моря.— 1991.— № 4.— С.70-79.
9. Stadnichenko S.V., Shurova N.M. Estimating productivity of the Black Sea mussels from their density and biomass // The Black Sea ecological problems.— Odessa: SCSEIO, 2000.— P.297-300.
10. Максимович Н.В., Погребов В.Б. Анализ количественных гидробиологических материалов.— Л., 1986.— 97 с.
11. Стадниченко С.В. Косвенные оценки смертности и выживаемости мидий северо-западной части Черного моря // Вісн. ОНУ.— 2010.— т.15, вип.17.— С.82-87.
12. Allen J.A. Relation between production and biomass // J. Fish. Res. Board Can.— 1971.— v.28.— P.1573-1581.
13. Brey T., Arntz W.E., Pauly D., Rumohr H. *Arctica (Cyprina) islandica* in Kiel Bay (Western Baltic): growth, production and ecological significance // J. Exp. Mar. Biol. Ecol.— 1990.— v.136.— P.217-235.

Матеріал надійшов у редакцію 14.09.2011 г.

АНОТАЦІЯ. Виявлені характеристики зростання, продукції, смертності, середній вік, тривалість життя мідій *Mytilus galloprovincialis* Lam. Одеського регіону, районів випуску вод СБО "Південна" і "Північна". Молюски, зібрані в Одеському регіоні, мали більш високі темпи зростання і виживаність. При цьому поселення мідій районів випуску очисних вод характеризувалися омолодженням вікового складу, збільшенням смертності, зниженням тривалості життя мідій. Робиться висновок про те, що високе евтрофікування вод викликає пригнічення зростання і зниження виживаності мідій.

ABSTRACT. The characteristic of height, products, death rate, middle age, lifetime of mussels *Mytilus galloprovincialis* Lam, are educed in the Odessa region, districts of water discharge on the stations of biological purification "Yugnaya" and "Severnaya". The shellfishes collected in the Odessa region possess the higher rates of height and survivability. Thus the mussel settlements in the districts of purification water discharge were characterized by the rejuvenation of the age composition, increase of mussel death rate, decline of lifetime. It is concluded that high water eutrophication causes height oppressing and mussel survivability decline.