

Н.А.Сытник

*Южный научно-исследовательский институт  
морского рыбного хозяйства и океанографии, г.Керчь*

**РОСТ И ПРОДУКЦИЯ УСТРИЦЫ (*OSTREA EDULIS* L.)  
ЛИМАНА ДОНУЗЛАВ ЧЕРНОГО МОРЯ**

Исследованы рост и продукционные показатели плоской устрицы лимана Донузлав (западное побережье Крыма Черного моря). Выявлены общие тенденции динамики абсолютной и удельной скорости весового роста моллюсков. Дана характеристика изменений продукции, элиминации и *P/B*-коэффициента в популяции исследуемого вида в процессе 3-х летнего выращивания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *устрица, рост, продукция, элиминация.*

Плоская (европейская, грядовая) устрица (*Ostrea edulis* Linnaeus, 1758) является одним из наиболее ценных представителей черноморской малакофауны. В начале XX в. популяции этого вида были широко распространены в шельфовой зоне моря, но затем численность и ареал его резко сократились [1 – 3]. Это обусловило необходимость разработки биотехнологии разведения и выращивания плоской устрицы [1, 2, 4, 5].

В мировой литературе существует значительное число публикаций по различным аспектам биологии, экологии и физиологии *Ostrea edulis* [6 – 9 и др.]. Материалов по устрице Черного моря значительно меньше [1, 2, 5], и многие вопросы, связанные с воспроизводством этого моллюска, слабо изучены. Одним из них является оценка продукционного потенциала данного вида, данные по которому единичны [10]. Между тем, эффективность продуцирования биомассы является одним из наиболее важных критериев, определяющих оптимальную стратегию воспроизводства и эксплуатации любого объекта марикультуры. Кроме того, оценка продукционного потенциала представляет определенный теоретический интерес для экологической физиологии и популяционной биологии.

В задачу настоящей работы входило выявление закономерностей роста, продукции и элиминации в популяции плоской устрицы лимана Донузлав Черного моря.

**Материал и методика.** Работы проводили в лимане Донузлав (западное побережье Крыма) в 2001 – 2005 гг. Данная акватория является одной из немногих, где сохранилась естественная популяция плоской устрицы, и которая в настоящее время рассматривается в качестве одного из основных районов для организации выращивания этих моллюсков [4]. Поскольку для продукционных исследований наибольшее значение имеет весовой рост, в настоящем исследовании нами рассматривались данные лишь по этой характеристике устриц.

Две партии устриц, размером 7 – 11 мм, в количестве 97 и 84 экз., были собраны в 2001 г. с коллекторов и из обрастаний и помещены в сетные садки (0,7 × 0,7 м) для изучения индивидуального роста. Поскольку размеры мол-

люсков в группах варьировали в узких пределах, ошибка средних значений была незначительна: 1,6 – 3,8 % от средней массы моллюсков. Кроме того, для оценки продукции весной 2002 и 2003 гг. до начала оседания спата было собрано еще 2 партии 133 экз. (размером 33 – 36 мм) и 154 экз. (размером 43 – 46 мм) соответственно, которые были помещены в садки площадью 0,25 м<sup>2</sup>.

Обычно раз в 1 – 1,5 месяца измеряли высоту раковины ( $H$ ) и массу каждого живого моллюска ( $W$ ), после чего вычисляли их средние значения. В процессе выращивания регулярно проводили очистку раковин устриц от обрастания и проводили подсчет мертвых устриц.

Кривую весового роста аппроксимировали уравнением Л.Берталанфи [11]:

$$W_t = W_\infty \left[ 1 - e^{-k(t-t_0)} \right]^n,$$

где  $W_t$  – высота раковины моллюска во время  $t$  (мес.),  $W_\infty$  – предельная высота устриц,  $k$  – коэффициент скорости роста,  $t_0$  – возраст, при котором высота моллюска равна нулю,  $n$  – показатель степени в уравнении связи высоты и массы моллюска:  $W = a \cdot H^n$ , который находили на основе расчета связи средних значений высоты и массы моллюсков за весь период выращивания. Кроме того, для описания весового роста использовали и уравнение Гомпертца:

$$W_t = W_0 \exp\left(-e^{-\gamma(t-t_0)}\right).$$

Для сравнительной оценки эффективности продукционных процессов определяли абсолютную ( $P_w$ ) и удельную суточную продукцию ( $q$ , сут<sup>-1</sup>) за отдельные периоды времени и за весь цикл культивирования. Также определяли  $P/B$ -коэффициент за каждый год и весь цикл выращивания.

Удельную скорость весового роста ( $q_w$ ) находили по формуле:

$$q_w = (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1),$$

где  $W_1$  и  $W_2$  – средняя масса (г) моллюсков за интервал времени от  $t_1$  до  $t_2$  (сут). Соответственно, абсолютную скорость роста ( $P_w$ ) рассчитывали по уравнению:  $P_w = q_w W$ .

Продукцию устриц в садках ( $P_t$ ) за определенный период времени определяли методом Бойсен-Йенсена [11]. Для отдельного определения продукции ( $P_t$ ) и элиминации ( $B_e$ ) за отдельный интервал временной интервал использовали формулы:

$$P_t = (W_{t+1} - W_t) \cdot (N_t + N_{t+1}) / 2, \quad B_e = (N_{t+1} - N_t) \cdot (W_t + W_{t+1}) / 2$$

где  $W_t$  и  $W_{t+1}$  – средняя масса (г) особей в популяции во время  $t$  и  $t+1$ ;  $N_t$  и  $N_{t+1}$  – численность особей за данный период времени. Общую продукцию ( $P_\Sigma$ ) отдельно за каждый год и весь цикл выращивания находили путем суммирования значений продукции за отдельный интервал исследования ( $P_t$ ):  $P_\Sigma = \sum P_t$ .

Математическую обработку полученных данных, в том числе расчет кривых роста, осуществляли с помощью компьютерных статистических программ «Microcal Origin-6.1», «Curve Expert-1.3» и электронных таблиц «Excel».

**Результаты и их обсуждение.** Анализ изменений средней массы в культуре устриц в течение 3-х летнего выращивания показал (рис.1), что ее весовой рост можно аппроксимировать уравнением Л.Берталанфи:

$$W_t = 42,8 \cdot \left[ 1 - e^{-0,049(t-0,062)} \right]^{2,52}, \quad r^2 = 0,933.$$

Кроме того, кривая весового роста устрицы в зависимости от времени выращивания также хорошо аппроксимируется уравнением Гомпертца (рис.1, кривая 3):

$$W_t = 22,9 \cdot \exp\left(-e^{-0,177(t-13,27)}\right),$$

$$r^2 = 0,946.$$

Указанные теоретические кривые хорошо передают общую тенденцию роста устриц, но не характеризуют сезонных изменений скоростей роста, в частности, периоды ускорения, замедления и его полной остановки роста моллюсков. Поэтому представлялось целесообразным проанализировать общий характер динамики скоростей весового роста во временном аспекте в связи с изменением массы тела и температуры воды (рис.2).

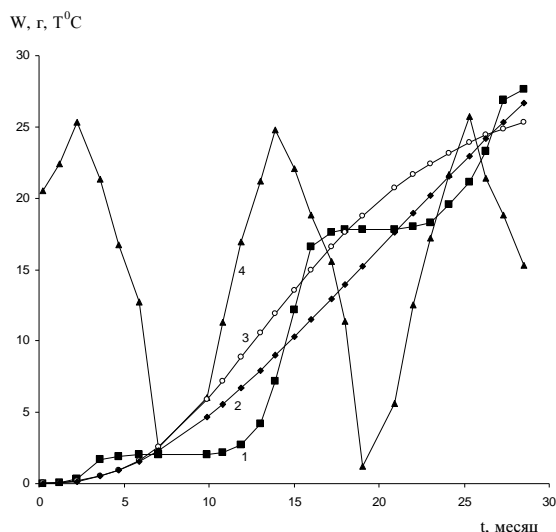
Для сравнений характеристик роста были использованы максимальные значения скоростей роста массы ( $P_{W_{max}}$ ) в течение 1 – 3 годов исследования.

Анализ динамики скорости весового роста показал, что  $P_{W_{max}}$  у сеголеток устриц была сравнительно невелика, составляя  $46,2 \text{ мг сут}^{-1}$ . У двухлетних особей она резко возросла, достигнув  $155 \text{ мг сут}^{-1}$ , однако у трехлетних моллюсков  $P_{W_{max}}$  она заметно снизилась (рис.2).

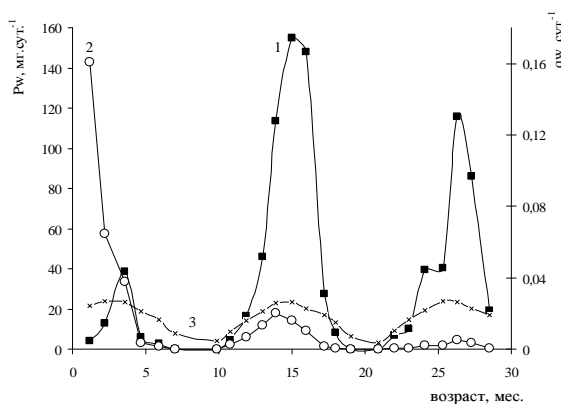
Изменения максимальных скоростей роста массы описываются характерной куполообразной кривой, описываемой полиномом 2-й степени:

$$P_{W_{max}} = 17,04 + 21,81W - 0,78W^2.$$

Максимальный темп весового роста наблюдался весной при температуре  $23 - 24 \text{ }^\circ\text{C}$ , при более низкой и высокой температуре скорость роста моллюсков замедлялась. Температура биологического нуля (остановка ростовых процессов) у устрицы находится в диапазоне  $10 - 11 \text{ }^\circ\text{C}$ , что согласуется имеющимися в литературе данными [1, 6, 9, 10].



Р и с . 1 . Кривые весового роста плоской устрицы, выращиваемых в лимане Донузлав: кривая, построенная на основе эмпирических данных (1); теоретические кривые по уравнениям Берталанфи (2) и Гомпертца (3); температура воды (4).



Р и с . 2 . Изменение абсолютной (1) и удельной (2) скорости весового роста устриц и температуры воды (3) в лимане Донузлав.

В то же время удельная скорость роста ( $q_w$ ) устриц в процессе онтогенеза имела устойчивый отрицательный тренд и ее зависимость от массы тела хорошо описывалась степенной функцией:

$$q_w = (0,023 \pm 0,0036) \cdot W^{-0,66 \pm 0,057}, \quad r = 0,927.$$

В отдельные периоды времени наблюдались большие и меньшие отклонения  $q_w$  от средних значений, тесно связанные с изменением температуры воды – с возрастанием последней суточный прирост увеличивался и уменьшался во время ее снижения.

На основе данных по росту и изменению численности моллюсков в процессе выращивания рассчитаны значения продукции и элиминации в популяции устриц процессе выращивания. Снижение численности устриц в процессе 3-летнего выращивания удовлетворительно описывается экспоненциальной функцией:

$$N_t = N_0 \cdot e^{-rt},$$

где  $N_0$  – начальная численность моллюсков и  $N_t$  – численность устриц во время  $t$ ,  $r$  – удельная скорость снижения численности. Значение параметров  $N_0$  и  $r$  этого уравнения были соответственно равны 528 экз.·м<sup>2</sup> и 0,33 мес<sup>-1</sup>.

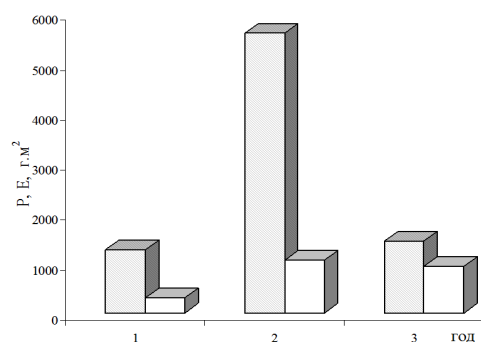
Полученные материалы позволили рассчитать изменения продукции и элиминации в процессе 3-х годичного выращивания устриц (рис.3).

На 1-м году жизни продукция моллюсков на коллекторах была сравнительно невысока и составляла 1261,7 г·м<sup>2</sup>, а доля ее элиминированной части составляла 24 %.

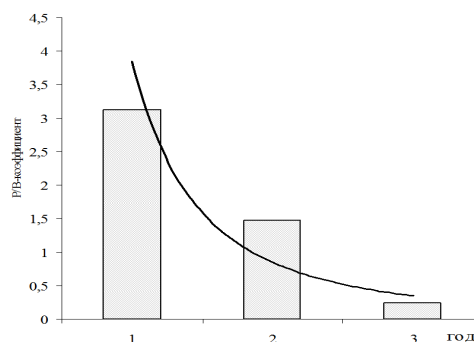
На 2-м году жизни скорость продуцирования биомассы резко возросла до 5587 г·м<sup>2</sup>, причем количество элиминированной биомассы также увеличилось до 1051,3 г·м<sup>2</sup>, но это составило лишь 18,8 % общей продукции.

На 3-м году выращивания моллюсков общая продукция резко снизилась до 1441 г·м<sup>2</sup>. Элиминированная часть продукции также уменьшилась – до 932 г·м<sup>2</sup>, но ее доля в общей продукции резко возросла до 63,4 %. (рис.3).

В то же время  $P/B$ -коэффициент в течение выращивания характеризовался устойчивым отрицательным трендом – с 3,13 на 1-м году жизни до 0,24 – на 3-м (рис.4).



Р и с . 3 . Соотношения продукции (заштриховано) и элиминации в популяции плоской устрицы в течение 3-х летнего выращивания.



Р и с . 4 . Изменение  $P/B$ -коэффициента в популяции плоской устрицы в процессе 3-х летнего выращивания. Линия – теоретическая кривая по уравнению (4).

Зависимость  $P/B$ -коэффициента от времени выращивания ( $t$ , год) можно описать степенным уравнением вида:

$$P/B = 3,85 \cdot t^{-2,18}, \quad r = 0,928.$$

Значения  $P/B$ -коэффициента можно выразить также как функцию средней биомассы, причем здесь она выражается даже более простым линейным уравнением:

$$P/B = 3,38 - 0,5B, \quad r = 0,98.$$

Среднее значение  $P/B$ -коэффициента за трехгодичный цикл культивирования составило 2,49.

Наши данные по продукционным показателям плоской устрицы в лимане Донузлав сопоставимы с материалами А.Н.Орленко [10], полученные на этом виде в Каркинитском заливе. По данным этого автора на 2-м и 3-м годах выращивания продукция составляла 4167 и 2724 г·м<sup>2</sup> соответственно, значения  $P/B$ -коэффициента были равны 2,28 и 1,07.

Возможно, что меньшая продукция и довольно высокий уровень элиминации моллюсков на 3-м году жизни в лимане Донузлав, чем в Каркинитском заливе [10] является следствием заболевания, вызываемого грибом *Ostracoblabe implexa* [12, 13] или другими паразитическими простейшими, например, *Vonamia ostreae* [14], обычно проявляющиеся у особей старших возрастных групп.

Таким образом, на основе полученных данных можно прогнозировать значения абсолютной и удельной продукции популяции плоской устрицы в процессе ее выращивания в лимане Донузлав.

**Выводы.** 1. Динамика весового роста черноморской устрицы в онтогенезе одинаково хорошо описывается уравнениями Бергаланфи и Гомпертца.

2. Изменения абсолютной скорости роста устриц в онтогенезе описываются куполообразной кривой с максимумом у двухлетних особей, тогда как удельная скорость роста имеет устойчивый отрицательный тренд.

3. Наибольшие значения продукции и элиминации в популяции устриц отмечены на 2-м году жизни, после чего уровень продукции снижается при одновременном возрастании биомассы элиминированных моллюсков.

4.  $P/B$ -коэффициент в процессе 3-х летнего выращивания снижается с 3,13 до 0,24, в среднем составляя 2,49.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кракатица Т.Ф.* Биология черноморской устрицы в связи с вопросами ее воспроизводства // Биологические основы морской аквакультуры.– Киев: Наукова думка, 1976.– вып.2.– 79 с.
2. *Монин В.Л.* Биологические основы разведения черноморской устрицы *Ostrea edulis* L.: Автореф. дисс.... канд. биол. наук.– Севастополь, 1990.– 24 с.
3. *Переладов М.В.* Современное состояние популяции черноморской устрицы // Тр. ВНИРО.– 2005.– т.144.– С.254-274.
4. *Золотницкий А.П., Орленко А.Н., Крючков В.Г., Сытник Н.А.* К вопросу организации крупномасштабного культивирования устриц в озере Донузлав // Тр. ЮгНИРО.– 2008.– 46.– С.48-54.
5. *Пиркова А.В., Ладыгина Л.В., Холодов В.И.* Воспроизводство черноморской устрицы *Ostrea edulis* L. как исчезающего вида // Рыбн. хозяйство Украины.–

2002.– №.3-4.– С.8-12.

6. *Yunge C.M.* Oysters.– London: Collins Clear Type Press, 1960.– 209 p.
7. *Rodhouse P.G.* Energy transformations by the oyster *Ostrea edulis* L. in a temperate estuary // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*– 1978.– 34, № 1.– P.1-22.
8. *Haure J., Penisson C., Bougrier S.J.P.* Influence of temperature on clearance and oxygen consumption rates of the flat oyster *Ostrea edulis*: determination of allometric coefficients // *Aquaculture.*– 1998.– v.169.– 211-224.
9. *Valero J.* *Ostrea edulis*: growth and mortality depending on hydrodynamic parameters and food availability // Master Thesis in Marine Ecology.– 2006.– 47 p.
10. *Орленко А.М.* Ріст і продуктивність чорноморської устриці (*Ostrea edulis* L.) в Каркінітській затоці // Межд. научно-педаг. конф. «Современное состояние рыбного хозяйства: проблемы и пути решения».– Херсон, 2008.– С.100-102.
11. *Заика В.Е.* Сравнительная продуктивность гидробионтов.– Киев: Наукова думка, 1983.– 206 с.
12. *Губанов В.В.* Влияние раковинной болезни на состояние естественных популяций устриц *Ostrea edulis* и их культивирование в Черном море: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук.– Севастополь, 1990.– 21 с.
13. *Пиркова А.В.* Пораженность черноморских устриц раковинной болезнью: меры профилактики и селекция на устойчивость к заболеванию // *Вісн. Житомир. держ. ун-ту.*– 2002.– 10.– P.72-74.
14. *Naciri-Gravena Y., Martinb A.-G., Baudc J -P., Renaulta T., Gérard. A.* Selecting the flat oyster *Ostrea edulis* (L.) for survival when infected with the parasite *Bonamia ostreae* // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*– 1998.– v.224, № 1.– P.91-107

Матеріал поступил в редакцию 14.09.2011 г.

**АНОТАЦІЯ.** Досліджено зростання і продукційні показники плоскої устриці лиману Донузлав (західне побережжя Криму Чорного моря). Виявлені загальні тенденції динаміки абсолютної і питомої швидкості вагового росту молюсків. Дана характеристика змін продукції, елімінації і *P/B*-коефіцієнту в популяції досліджуваного виду в процесі 3-річного вирощування.

**ABSTRACT.** Growth and production indicators of estuary Donuzlav (the west of Crimea Black Sea) flat oyster were investigated. The general tendencies of dynamics of mollusks weight growth absolute and specific speed were revealed. The characteristics of changes of production values, elimination and *P/B*-coefficient in the population of the investigated species during 3 years culture were given.