

УДК 594.124 (262.5)

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТИХООКЕАНСКОЙ УСТРИЦЫ (*CRASSOSTREA GIGAS* THUNBERG), ИНТРОДУЦИРОВАННОЙ В ЧЕРНОЕ МОРЕ

Золотницкий А.П.

В последние три десятилетия произошло резкое сокращение численности и ареала аборигенной плоской устрицы (*Ostrea edulis* L.) в Черном море [1, 2]. В связи с этим для повышения промысловой продуктивности шельфовой зоны моря представлялось целесообразным в освободившуюся нишу вселить вид, который был бы более устойчив к различным болезням и обладал высоким продукционным потенциалом. Кроме того, необходимо, чтобы интродуцент был экологически безопасным видом и не мог бы нанести вред экосистеме Черного моря. Таким объектом, сочетающим вышеуказанные свойства, является тихоокеанская (японская или гигантская) устрица – *Crassostrea gigas* Thunberg, акклиматизация которой успешно прошла на европейском и американском континентах [2-6]. Будучи экологическим эквивалентом черноморской устрицы, тихоокеанская устрица отличается от последней более широкой экологической пластичностью, большим продукционным потенциалом и лучшей устойчивостью к паразитарным и инфекционным заболеваниям.

На основе биологического обоснования, разработанного ТИПРО, с 80-х гг. была начата трансплантация японской устрицы в Черное море [1, 7, 8]. Поскольку экологические условия этого вида в нативном ареале (Японское море) существенно отличаются от черноморского бассейна, для разработки биотехнологии расширенного воспроизводства ее представлялось целесообразным исследовать наиболее важные эколого-физиологические параметры, характеризующие процессы его жизнедеятельности в Черное море.

В задачу настоящей работы входило изучение процессов дыхания и фильтрации, а также соотношение между продукцией и метаболизмом у тихоокеанской устрицы, выращиваемой в условиях Черного моря.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работу проводили у побережья Крыма и Северного Кавказа. Материалом для исследования служили устрицы разного возраста размером 38-160 мм и массой 9,6-294,5 г. (со створкой). Моллюсков для опытов собирали с коллекторов или садков, после чего содержали в условиях аквариальной, температура и соленость воды в которой соответствовала таковым указанных выше акваторий.

Скорость потребления кислорода (СПК) устриц изучали методом замкнутых сосудов с определением концентрации кислорода по Винклеру [9-11]. Время экспозиции составляло 4-5 часов. При анализе учитывали результаты экспериментов, где содержание кислорода в опытных сосудах снижалось не более, чем на 30 %.

Определение скорости фильтрации (СФ) моллюсков проводили непрямым методом – по разнице концентрации пищи перед началом и окончанием опыта на формуле Голда [9, 11, 13]. Начальную плотность водорослей определяли непосредственно перед экспериментом прямым счетом в камере Фокса-Розенталя. По завершении опыта во избежание погрешностей при подсчете оставшиеся водоросли концентрировали с помощью воронки обратной фильтрации, после чего определяли их плотность. СФ устриц определяли по формуле Голда:

$$F = \frac{l_n K_o - l_n K_t}{n \cdot t} \cdot V, \quad (1)$$

где F – скорость фильтрации (л/час), K_o и K_t – концентрация корма в начале и конце опыта (мг/л), n – число моллюсков в опыте, t – продолжительность эксперимента (час). В качестве корма использовали одноклеточную водоросль *Nitzschia closterium*.

Энергетический бюджет (баланс) особи определяли на основе общепринятого балансового равенства [2, 9, 12]:

$$C = P + Q + H \text{ или } C = A + H \text{ или } C = A \cdot U^I \quad (2)$$

где C – энергия потребленной пищи (рацион), P – энергия прироста (индивидуальной продукции), состоящая из энергии прироста соматической ткани (Ps); раковины (Pr) и генеративной продукции (Pg); Q – траты на энергетический обмен; A = (P + Q) – энергия ассимилированной пищи; H – энергия неувоенной пищи. Последняя включает в себя фекальные массы – биоотложения (H) и энергию жидких экскретов (РОВ, продуктов азотистого метаболизма $NH_4 - N$ и др.) – He; U – усвояемость пищи (коэффициент ассимиляции).

Математическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью компьютерной статистической программы «Microcal Origin-40» и электронных таблиц «Excel».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение дыхания устриц, взятых в опыт в мае перед нерестом (при температуре 18,5-20 ОС), показало, что скорость потребления кислорода была тесно связана с массой тела. На рис. 1 видно, что в двойной логарифмической системе координат экспериментальные точки, связывающие эти переменные, располагались вблизи прямой. Таким образом, как и для других пресноводных и морских видов моллюсков [3-5, 9, 10, 14], связь между скоростью дыхания и массой тела у тихоокеанской устрицы можно аппроксимировать уравнением параболы:

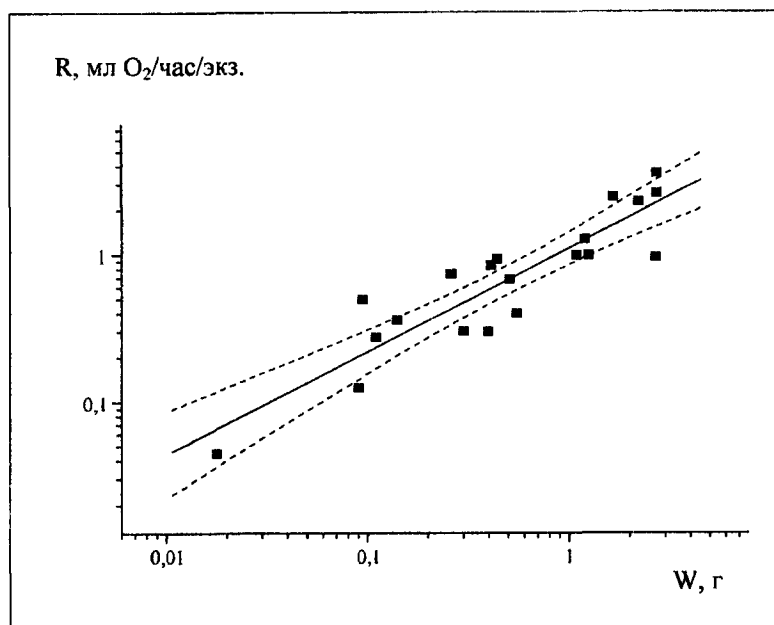


Рис. 1. Зависимость скорости потребления кислорода от сухой массы тела японской устрицы в Черном море (май, $T = 19,5^{\circ} \text{C}$, $S = 17,7\%$). Штриховые линии – 95 % доверительный интервал.

$$R = R_1 \cdot W^k, \quad (3)$$

где R – скорость потребления кислорода (мл $\text{O}_2/\text{экз./час}$), W – сухая масса мягких тканей (г), R_1 и k – параметры уравнения.

Исследования, проведенные в весенний период перед нерестом, показали, что при температуре $19,5^{\circ} \text{C}$ и солености 17,7 % коэффициенты уравнения были соответственно равны: $1,14 \pm 0,13$ и $0,71 \pm 0,08$ ($r = 0,90$). В опытах, выполненных осенью (в сентябре) при температуре $18,5-19,5^{\circ} \text{C}$, когда особи находились на стадии половой инертности, наблюдалось заметное снижение уровня метаболических процессов.

Зависимость, связывающая указанные переменные, описывалась уравнением:

$$R = (0,84 \pm 0,011) \cdot W^{0,79 \pm 0,11}, \quad n = 22, \quad r = 0,88 \quad (4)$$

Из этого уравнения видно, что при практически равных коэффициентах регрессии интенсивность дыхания в сентябре была в 1,34 ниже, чем в мае.

Поскольку средняя температура в сентябре была равна 19°C , что лишь на $0,5-1^{\circ} \text{C}$ ниже, чем в мае, то даже с учетом температурной поправки столь заметные различия в скорости потребления кислорода в эти периоды, по-видимому, были обусловлены неодинаковой репродуктивной активностью устриц.

Полученные нами данные по дыханию тихоокеанской устрицы в Черном море при солености 17,5-17,8‰ близки к данным других авторов, полученным на этом

виде в естественном биотопе [14-16] и географических зонах, где произошла полная ее натурализация. Например, в опытах, проведенных на особях с сухой массой 0,95-920 мкг Гердесом [3] в Северном море, было показано, что наиболее крупные моллюски потребляли около 1 мл O_2 . Материалы Делу-Паули и Эраля [2], проводивших ежемесячные измерения дыхания гигантской устрицы в течение года (атлантическое побережье Франции – $S = 35\%$), были сходны с нашими – СПК в их опытах варьировала в пределах 0,03-2,47 мл O_2 /экз./час. Незначительно отличаются от наших данных более поздние материалы других авторов [13, 15], полученные для этого вида устриц. В целом, рассматривая уровень респираторных процессов у японской устрицы в Черном море (17-18%), можно видеть, что, несмотря на весьма значительные различия в солености естественного биотопа (34-35%) других акваторий, где произошла его полная натурализация (24-35%), они были сходны между собой.

Для характеристики жизнедеятельности устриц в воде пониженной солености была исследована скорость потребления кислорода особями, которых до опыта в течение месяца содержали при солености 14-16‰. Было обнаружено, что при температуре 19°C зависимость СПК от массы при солености 14,6‰ описывалась уравнением:

$$R = (0,71 \pm 0,126) \cdot W^{0,79 \pm 0,51}, n = 25, r = 0,93 \quad (5)$$

Используя трансплантацию исходных данных, предложенную А.Ф. Алимовым [9], нами была рассчитана СПК устриц, имеющих одинаковую сухую массу тела. Было обнаружено, что при $S = 13,8\%$ и температуре 18,5°C СПК в 1,31 раза ниже, чем при той же температуре в сентябре, а величина Q_{10} составляла 1,98. Таким образом, изменение солености на 3‰ уменьшает СПК устрицей практически в таком же соотношении, как и изменение температуры на 4°C.

Изучение фильтрационного питания японской устрицы показало, что скорость этого процесса (F), как и дыхания, связана с массой тела (W) степенной функцией [9, 13, 14]: $F = F_1 \cdot W^n$. В ходе опытов, проведенных в мае (параллельно с изучением дыхания устриц) при солености 17,5-17,8‰ и температуре 19°C, обнаружено, что связь скорости фильтрации с массой тела достаточно хорошо аппроксимируется уравнением:

$$F = (7,5 \pm 0,54) \cdot W^{0,61 \pm 0,066}, n = 19, r = 0,89 \quad (6)$$

В последующих экспериментах на отнерестившихся моллюсках (в сентябре) была выявлена несколько меньшая СФ – коэффициенты F_1 и n в уравнении соответственно равнялись $6,57 \pm 0,67$ и $0,57 \pm 0,084$. Но в отличие от СПК различия между коэффициентами уравнений, полученных в майской и сентябрьской сериях опытов, были статистически недостоверны ($P < 0,95$). Из приведенных данных также видно, что коэффициенты регрессии в уравнениях, связывающих скорость фильтрации с сухой массой тела устриц, заметно меньше, чем для СПК в аналогичном уравнении, что свидетельствует о меньшей зависимости скорости фильтрации от массы тела. Сопоставление наших данных с материалами других авторов показало достаточно близкое сходство величины СФ. Так, по материалам Уолна [16] интенсивность

фильтрации устриц с сухой массой 1 г в зависимости от скорости протока воды составляла 7,8-10 л/час, что находится в соответствии с нашими данными. Данные по скорости фильтрации устриц, проведенные А.С. Кучерявенко [17], показали несколько меньшую фильтрационную активность, чем в наших опытах, но, учитывая разные условия их проведения, физиологическое состояние особей и т.д., можно считать эти различия незначительными. В частности, статистическая обработка материалов этого автора показала, что связь СФ с сухой массой тела у него выражается уравнением: $F = 4,96 \cdot W^{0,57}$. В работах других авторов [14] приведены данные, близкие к нашим результатам: 6-9 л/экз./г.

Кроме опытов при солёности, близкой к 18 ‰, была исследована фильтрационная активность устриц при более низких ее значениях. С этой целью на устрицах, содержащихся в садках Керченского пролива, были поставлены опыты по влиянию пониженной солёности – 13,4-16,1 ‰ на процесс их фильтрации. Температура воды во время опытов составляла 12,5 °С и 19,5 °С. На рис. 2 представлены результаты опытов по комбинированному влиянию разной температуры и солёности на СФ устриц.

F, л/ час/экз.

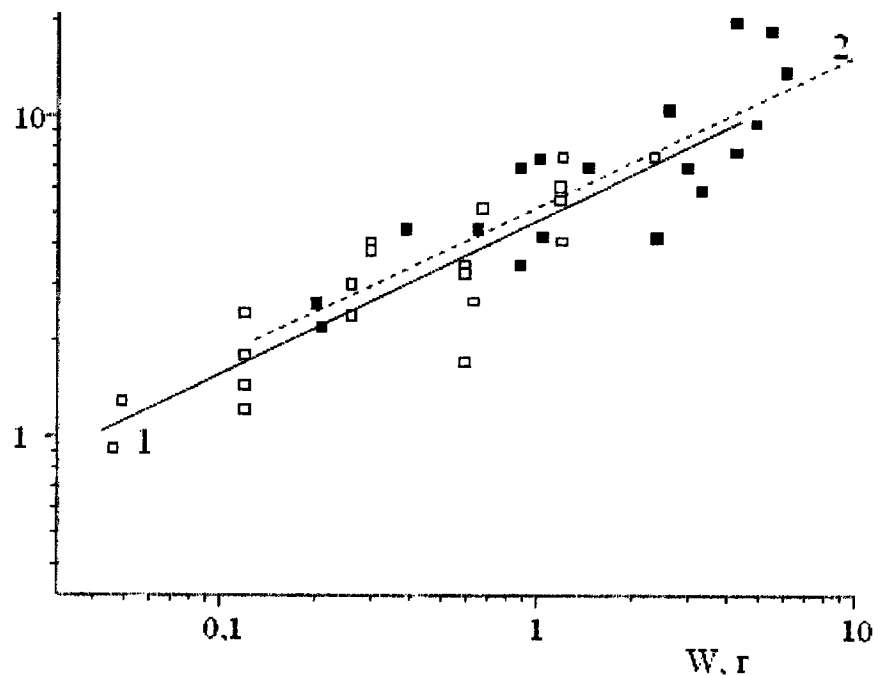


Рис. 2. Зависимость скорости фильтрации от сухой массы тела у тихоокеанской устрицы. 1 – T = 19,5°C, S = 14,3‰ (темные маркеры); 2 – T = 12,5 °С, S = 17,6 ‰ (светлые маркеры).

Естественный интерес представляли данные по биоэнергетическим параметрам, характеризующим процессы жизнедеятельности этих моллюсков в указанных районах Черного моря. Для этого нами была исследована эффективность роста и кумулятивные затраты устриц на энергетический обмен и прирост (индивидуальную продукцию).

Анализ интегральных значений индивидуальной продукции (P) и метаболизма (Q) в процессе выращивания моллюсков в указанных районах показал заметные различия трендов, определяющих связь этих параметров. Анализ связи значений продукции и энергетического обмена ($P \sim Q$) показал, что углы наклона каждой траектории относительно оси абсцисс и ординат существенно различаются.

Так, в популяции устриц, размещенных в Керченском проливе, зависимость кумулятивных трат на метаболизм (Q_p) от суммарной величины энергии продуцируемой биомассы (P_k) описывалась уравнением:

$$Q_p = (0,18 \pm 0,077) \cdot P_p^{1,32 \pm 0,068}, n = 13, r = 0,96 \quad (7)$$

В то же время у моллюсков, выращиваемых в течение 1,5 лет у южного побережья Крыма, связь между суммарными затратами на продукцию и метаболизм выражалась уравнением:

$$Q_k = (0,48 \pm 0,29) \cdot P_k^{1,08 \pm 0,085}, n = 14, r = 0,91 \quad (8)$$

Из указанных уравнений видно, что при солёности, близкой к 18 ‰, кумулятивные траты на обмен прямо пропорциональны энергии продуцируемой массы, тогда как при пониженной солёности они опережают рост продукции. Таким образом, на биосинтез единицы массы органического вещества устриц в Керченском проливе требуется относительно больше энергии, чем для особей, обитающих у других побережий Крыма. Об ухудшении функционального состояния устриц при их выращивании в условиях пониженной солёности Керченского пролива свидетельствуют также данные по половой структуре, которая является хорошим индикатором «степени благополучия» популяции того или иного вида в конкретных условиях существования. Было обнаружено [15], что у устриц Керченского пролива, как правило, наблюдается резкое преобладание самцов над самками – 3:1 ($P > 0,95$). В отдельные годы было обнаружено еще более значительное изменение в соотношении полов, которое соответственно составляло 6:1.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что трансплантированная из естественного биотопа тихоокеанская устрица может успешно существовать в условиях Черного моря при солёности 17-18‰. В то же время снижение солёности воды на 2,5-3‰ нарушает нормальное течение метаболических процессов у этого вида.

ВЫВОДЫ

1. Наиболее важные функциональные показатели – скорость дыхания и фильтрации тихоокеанской устрицы, интродуцированной в Черное море, соответствуют естественному местообитанию и районам, где произошла полная натурализация этого вида.

2. Выявлены сезонные изменения этих показателей, обусловленные влиянием температуры воды и фазами репродуктивной активности.

3. При снижении солёности воды в среднем с 17,5 ‰ до 14,5‰ у тихоокеанской устрицы происходит уменьшение интенсивности дыхания и фильтрационной активности.

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТИХООКЕАНСКОЙ

4. Выявлена тесная связь между кумулятивными тратами на продукцию и метаболизм. При снижении средней солености воды с 18 ‰ до 15‰ происходит возрастание удельных энергетических затрат на биосинтез единицы массы органического вещества моллюсков.

Список литературы

1. Орленко А.Н. Гигантская устрица *Crassostrea gigas* (Bivalvia, Mytilifonnes, Grassostreidae) как объект акклиматизации и основные этапы ее трансплантации в Черное море // Зоологический журнал – 1994. – В.1. – С. 51 – 54.
2. Bougrier S., Collet B., Geairon P., Geffard O., Heral M., Deslous-Paoli J.M. Respiratory time activity of the Japanese oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. – 1998. – V. 219. – № 1-2. – P. 205-216.
3. Deslous-Paoli G. M., Heral M. Transfert energetiques entre l'huitre *Crassostrea gigas* de 1 an et la nourriture potentielle dans l'eau d'un bassin ostreicole // Haliotis. – 1984. – V.14. – P.79 – 90.
4. Gerdes D. The pacific oyster *Crassostrea gigas*. Part.2. Oxigen consumption of larvae and adults // Aquaculture. – 1983. – V. 31. – P.220 – 233.
5. Hemmingsen A. H. Energy metabolismas related to body size and respiratory surfaces and its evolution // Rep. sten. Mem. Hosp. Nord. Insulin. Lab. – Copengagen, 1960. – V.9, № 2. – P.7 – 100.
6. Walne W.F. Early oyster culture investigations by the New-Jork state conservation Commission (1920-1966). – Dept. Div. Mor. Coastal Resources. – N. – J. – Conserv, 1974. – 119 p.
7. Золотницкий А.П. Исследования АзчерНИРО в области культивирования и акклиматизации двустворчатых моллюска // Географические и экономические проблемы изучения и освоения южных морей СССР. – Тез. докл. III Всес. конф. по географии и картографированию океана, 1987. – С. 108 – 109.
8. Монина О.Б. Интродукция тихоокеанской устрицы в Черное море // Рыбное хозяйство. – 1983. – № 11. – С.189 – 190.
9. Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков. – М.: Наука, 1981. – 248 с.
10. Винберг Г.Г., Беляцкая Ю.С. Соотношение интенсивности обмена и веса у пресноводных брюхоногих моллюсков // Зоол. журн. – 1959. – Т. 38, В. 8. – С. 1146 – 1151.
11. Методы изучения двустворчатых моллюсков. – Л.: Тр. Зоол. ин-та АН СССР. – 1990. – Т.219. – 208 с.
12. Винберг Г.Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб. – Минск: из-во Белорусского ун-та, 1956. – 242 с.
13. Quayle D.B. Pacific oyster culture in British Columbia // Bull. Fish.Res.Board. of Canada – 1969. – № 169. – 193 p.
14. Riisgard H.U. On measurement of filtration rates in bivalves – the stony road to reliable data: review and interpretation. // Mar. Ecol. Prog. Ser. – 2001. – V. 211. – P. 275 – 291.
15. Орленко А.Н. Репродуктивный цикл и соотношение полов у гигантских устриц *Crassostrea gigas* в Керченском проливе // Тез докл. конф.молод. ученых. ТИПРО. – Владивосток, 19-21 мая, 1992 г. – С. 65-66.
16. Soletchnik P., Razet D., Geairon P., Faury N., Gouletquer P. Ecophysiologie de la maturation sexuelle et de la ponte de l'huitre creuse *Crassostrea gigas*: reponses metaboliques (respiration) et alimentaires (filtration, absorption) en fonction des differents stades de maturation // Aquat. Living Resour. Ressour. Vivantes Aquat. – 1997. – V.10, № 3. – P. 177 – 185.
17. Кучерявенко А.В. Расчет потенциальных возможностей устричного хозяйства в бухте Новгородской Японского моря // Биол. моря. – 1985. – №1. – С. 52 – 62.

Поступила в редакцию 20.11.2005 г.