

А.П. ЗОЛОТНИЦКИЙ

**ИНТЕНСИВНОСТЬ ДЫХАНИЯ И ФИЛЬТРАЦИИ
ЯПОНСКОЙ УСТРИЦЫ (*CRASSOSTREA GIGAS*
THUNBERG), АККЛИМАТИЗИРУЕМОЙ
В ЧЕРНОМ МОРЕ**

Исследованы процессы дыхания (R) и фильтрации (F) японской (тихоокеанской) устрицы, интродуцированной в Черное море. Скорости этих процессов тесно связаны с массой тела и описываются степенными функциями. Отмечены сезонные изменения в интенсивности этих процессов, связанные с физиологическим состоянием особей. На основе имеющихся данных определены значения коэффициента фильтрации ($\eta=F/R$), средняя величина которого составляет 8,2 л/мл O_2 .

Охарактеризована связь между скоростями фильтрации и потребления кислорода, которая удовлетворительно описывается экспоненциальной функцией: $R = 0,270 \exp(0,130F)$.

В связи с резким сокращением численности и ареала плоской устрицы (*Ostrea edulis* L.), обитающей в шельфовой зоне Черного моря, большое внимание к себе привлекает японская (тихоокеанская, гигантская) устрица, акклиматизация которой успешно прошла на европейском и американском континентах [Quayle, 1969; Spenser, Gouth, 1978; Gerdes, 1988 а; б]. Будучи экологическим эквивалентом черноморской устрицы, японская устрица в то же время отличается от последней более широкой экологической пластичностью, большим продукционным потенциалом и лучшей устойчивостью к паразитарным и инфекционным болезням.

На основе биологического обоснования, разработанного ТИПРО, с 1980 г. начата интродукция японской устрицы в Черное море [Монина, 1983]. В связи с перспективой массового получения и выращивания спата этого вида в Черном море представляется целесообразным исследовать наиболее важные эколого-физиологические параметры, характеризующие процессы жизнедеятельности этого вида.

В задачу настоящей работы входило изучение процессов дыхания и фильтрации тихоокеанской устрицы, выращиваемой в Черном море.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Работу проводили в 1985 г. у побережья Северного Кавказа (мыс Б. Утриш). Материалом для исследования служили разновозрастные и разноразмерные особи высотой 38-160 мм и массой со створкой 9,6-294,5 г. Моллюсков, собранных с коллекторов или садков, содержали в аквариумах, температура воды которых соответствовала таковой естественной среде обитания. Дыхание устриц изучали методом замкнутых сосудов с определением концентрации кислорода титрованием по Винклеру. Время экспозиции составляло 4-5 часов. При анализе материалов учитывали

лишь те результаты, где содержание кислорода за время опыта не снижалось более, чем на 30% от величины.

Скорость фильтрации устриц определяли непрямым методом по разнице концентрации одноклеточной водоросли *Nitzschia closterium* в начале и в конце опыта. Поскольку во время опыта происходило постоянное перемешивание воды, небиологическое осаждение водорослей не учитывали и скорость фильтрации определяли по формуле Голда [Winter, 1978]:

где F — скорость фильтрации (л-экз. \cdot час $^{-1}$), K_1 и K_2 — концентрация взвеси в начале и конце опыта (млн.кл.л $^{-1}$), n — число моллюсков (шт.), t — продолжительность опыта (час), V — объем воды в опытном сосуде (л).

Исходная концентрация составляла обычно 2-3 млн. кл. л $^{-1}$ (0,75-1,1 мг л $^{-1}$ по сырой массе), поскольку предварительными опытами было установлено, что при ней наблюдалась наиболее высокая скорость фильтрации. За время опыта концентрация фитопланктона снижалась не более, чем на 25% от исходной величины. Полученные данные обрабатывались статистически на ЭВМ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение дыхания устриц, взятых в опыт в мае, перед нерестом ($t=18,5-20,0^\circ\text{C}$) показало, что потребление кислорода связано с массой тела и при увеличении последней возрастало. В двойной логарифмической системе координат, связывающей эти две переменные, экспериментальные точки располагались вблизи прямой (рис. 1.) Таким образом, как и для большинства видов моллюсков [Алимов, 1981; Winter, 1978], связь между скоростью дыхания и массой тела у тихоокеанской устрицы можно аппроксимировать уравнением параболы:

где R — скорость потребления кислорода (мл O_2 экз. \cdot час $^{-1}$), W — сухая масса мягких тканей (г), a и k — параметры уравнения.

При температуре 20°C уравнение в численной форме имело вид:

$$\text{при } r=0,916. \quad (1)$$

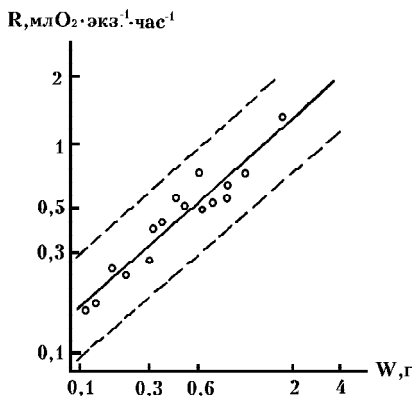


Рис. 1. Зависимость скорости потребления кислорода (R) от сухой массы тела (W) у японской устрицы

У отнерестившихся особей, в сентябре, при той же температуре воды, как и в мае, связь скорости потребления кислорода имела аналогичный характер, однако коэффициенты "а" и "к" были соответственно равны 0,843 и 0,712. Поскольку весной особи находились в преднерестовом состоянии, можно полагать, что более высокий уровень метаболических процессов в мае, по сравнению с сентябрем, обусловлен генеративными процессами, что было ранее отмечено рядом авторов у пресноводных и морских двустворчатых моллюсков [Брайко, Дерешкевич, 1978; Алимов, 1981; Voogs, 1976]. В значительной мере это подтверждается тем фактом, что температура воды в мае и сентябре равнялась $18,5-20^\circ\text{C}$ и, таким образом, отличия в скорости потребле-

ния кислорода весной и осенью, по-видимому, связаны с репродуктивной активностью устриц.

Наши данные по скорости дыхания тихоокеанских устриц заметно выше приведенных А.С. Кучерявенко [1985]. Следует, однако, отметить, что полученные им материалы, по-видимому, несколько занижены, о чем свидетельствуют очень высокие значения K_2 , достигающие у 14-месячных особей величины 0,78. Данные Гердеса [Gerdes, 1983, б], довольно близки к полученным нами в сентябре у отнерестившихся особей, а материалы Делу-Паоли и Эраля [Deslous-Paoli, Heral, 1984], проведших ежемесячные измерения дыхания гигантской устрицы в течение года, соответствуют нашим — скорость потребления кислорода в их опытах зависела от массы устриц и сезона и варьировала в пределах 0,03-1,247 мл O_2 ·экз.⁻¹·час⁻¹.

Изучение фильтрации японской устрицы показало, что скорость этого процесса, как и дыхания, связана с массой тела степенной функцией:

где F — скорость фильтрации (л·экз.⁻¹·час⁻¹).

При температуре 20°C (в мае) уравнение имело вид (рис. 2):

$$F = 0,899 W^m, \quad (2)$$

Как видно из уравнения (2) коэффициент регрессии в нем заметно меньше, чем в уравнении (1), что свидетельствует о меньшей зависимости скорости фильтрации от массы тела.

У особей, взятых в опыт в сентябре, коэффициенты “ m ” и “ n ” соответственно были равны 6,57 и 0,57. Таким образом, в зависимости от сезона и репродуктивной активности наблюдались различия в фильтрационной активности, сходные с изменением скорости потребления кислорода. Сопоставление наших данных с материалами других авторов представляет определенные трудности, поскольку скорость фильтрации может существенно зависеть от условий проведения опыта: размера и концентрации водорослей, температуры, физиологического состояния и других факторов. Так, по материалам Уолна [Walne, 1972] интенсивность фильтрации устриц, с сухой массой 1 г в зависимости от скорости протока воды составляет 7-10 л·час.⁻¹·г⁻¹, что можно считать хо-

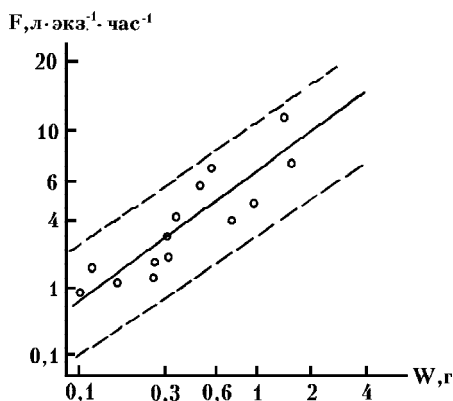


Рис. 2. Зависимость скорости фильтрации (F) от сухой массы тела (W) у японской устрицы

рошим соответствием нашим данным. Прямые измерения скорости фильтрации устриц, проведенные А.С. Кучерявенко [1985], выявили более низкую, чем в наших опытах, фильтрационную активность, хотя расчеты величины фильтрации, выполненные этим же автором на основе пищевых потребностей моллюсков, показали необходимость корректировки скорости этого процесса в большую сторону. Заметно меньшая скорость фильтрации дана в работе Гердеса [Gerdes, 1983, б] — 3 л·час.⁻¹·г⁻¹, что, на наш взгляд, объясняется слишком мелким размером (3 мкм) используемых в качестве корма водорослей — *Isochrysis galbana*. Эффективность удержания их при транспортировке к ротовому отверстию ресничками жабр значительно ниже 100% [Winter, 1978], что в свою очередь приводит к занижению расчетной скорости фильтрации.

В связи с полученными данными по дыханию и фильтрации представляет интерес оценить величину коэффициента фильтрации [Алимов, 1981] или показателя конвекции [Buxton et al., 1981], с помощью которого рассчитывают необходимые пищевые потребности моллюсков [Алимов, 1981]. Значение коэффициента фильтрации может зависеть от многих факторов — массы тела, температуры воды, напряжения кислорода и др. В наших опытах последние два показателя изменялись незначительно — соответственно 18,5-20°C и 95-100% насыщения, в связи с чем было проанализировано лишь влияние массы на величину коэффициента фильтрации (η). Это соотношение легко находится из уравнений (1) и (2):

Поскольку значения n меньше k , то очевидно, что с возрастанием массы тела η уменьшается и увеличивается при ее снижении. В выполненных в сентябре опытах, где проводилось параллельное определение обоих физиологических показателей на одних и тех же особях, показатель конвекции варьировал в пределах 6,04-11,42, в среднем составляя $8,17 \pm 0,47$ л/мл O_2 . Указанная величина характеризует значение коэффициента фильтрации у некоторой “средней” устрицы исследуемой популяции.

Полученные данные позволяют охарактеризовать взаимосвязь указанных физиологических процессов. Анализ изменений скоростей дыхания и фильтрации у одних и тех же особей показал, что их связь удовлетворительно аппроксимируется экспоненциальной функцией, в численной форме имеющей вид:

$$J=0,905, \quad (3)$$

где J — индекс аппроксимации.

Таким образом, зная фильтрационную активность, по формуле (3) можно определить скорость потребления кислорода и наоборот.

В связи с полученными данными представляет интерес остановиться на величине основного (рутинного) обмена японской устрицы. Будучи sessильными животными, устрицы затрачивают энергию на движение жабр, ротовых лопастей и др., в связи с чем вычленив энергетические траты на обмен покоя часто представляется затруднительным. Если в уравнении (3) приравнять скорость фильтрации к нулю, можно легко найти величину основного обмена, который будет равен 0,270. В частности, это почти в 5 раз выше, чем у исследуемой нами черноморской (плоской) устрицы — 0,05, являющейся древним реликтовым видом, но близким к величине основного обмена филогенетически более молодого вида — калифорнийской мидии — 0,17 мл O_2 [Bayne et al., 1976]. Этот факт представляет определенный интерес в исследованиях по сравнительной и эволюционной физиологии [Ивлев, 1958], например, в связи с анализом величины основного обмена с повышением уровня организации животных в филогенезе.

ВЫВОДЫ

1. Скорости потребления кислорода и фильтрации у японской устрицы зависят от массы тела и описываются степенными уравнениями. Отмечены сезонные изменения этих показателей, обусловленных, по видимому, репродуктивными процессами.

2. Определено значение коэффициента фильтрации, величина которого варьирует от 6,0 до 11,4 л/мл O_2 , в среднем составляя 8,17 л/мл O_2 .

3. Связь скоростей потребления кислорода и фильтрации аппроксимируется экспоненциальной функцией:

ЛИТЕРАТУРА

1. Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков. — Л.: Наука, 1981. — 248 с.
2. Брайко В.Д., Дерешкевич С.С. Сезонные изменения в дыхании мидий//Биология моря, 1978. В. 44. — С. 31-36.
3. Ивлев В.С. Опыт оценки эволюционного значения уровней энергетического обмена// Журн. общ. биол., 1959. Т. 20. № 2. — С. 94-103.
4. Кучерявенко А.В. Расчет потенциальных возможностей устричного хозяйства в бухте Новгородской Японского моря//Биология моря, 1985. № 1. — С. 52-62.
5. Моница О.Б. Интродукция тихоокеанской устрицы в Черном море//Рыбное хозяйство, 1983. № 11. — С. 46-47.
6. Bayne B.L., Bayne C.J., Garefoot, Thompson R.J. The physiological ecology of *Mytilus californianus* Conrad. I. Metabolism and energy balance//Oecologia (Berl), 1976. V. 22. — P. 211-228.
7. Buxton C.D., Neyell R.C., Field J.G. Responsesurface analysis of the combined effects of exposure and acclimation temperatures on filtration, oxygen consumption and scope for growth in the oyster *Ostrea edulis*//Mar. Biol., 1981. V. 6. — P. 73-82.
8. Deslouis-Paoli J.-M., Heral M. Transferts energetiques entre l'huitre *Crassostrea gigas* de l'an la nourriture potentielle dans l'eau d'un bassin ostreicole//Heliotis, 1984. No 14. — P. 79-90.
9. Gerdes D. The pacific oyster *Crassostrea gigas*. P.I. Feeding Behaviour of larvae and adults//Aquaculture, 1983 a. V. 31. — P.
10. Gerdes D. The pacific oyster *Crassostrea gigas*. P. II. Oxygen consumption of larvae and adults. 1983 b. V. 31. — P. 221-231.
11. Quayle D.B. Pacific oyster culture in British Columbia//Fisheries Research Board. — Canada, Ottawa, 1969. — P. 347.
12. Spencer B.E., Gough C.J. The growth and survival of experimental batches of hatchery-reared spat of *Ostrea edulis* L and *Crassostrea gigas* Thunberg, using different methods of tray cultivation//Aquaculture, 1978. V. 13. No 4. — P. 293-313.
13. Voys C.G. The influence of temperature and time of year on the oxygen uptake of sea mussel *Mytilus edulis*//Mar. Biol., 1976. V. 36. No 1. — P. 25-30.
14. Walne P.R. The influence of current speed body size and water temperature on the filtration rate of five species of bivalves//Mar. Biol. Ass. U. K., 1972. V. 52. No 2. — P. 345-374.
15. Winter J.E. A review on the knowledge of suspension feeding in lamellibranchiate bivalves, with special reference to artificial aquaculture system//Aquaculture, 1978. 43. — P. 1-33.