



УДК 594.12:591.12(262.5)

М. В. Лебедевская^{1,2}, канд. биол. наук, в. н. с., А. Я. Столбов², канд. биол. наук, с. н. с.

¹ Научно-исследовательский центр Вооружённых Сил Украины «Государственный океанариум» Севастополь, Украина

² Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского Национальной академии наук Украины, Севастополь, Украина

ИНТЕНСИВНОСТЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА ГИГАНТСКОЙ УСТРИЦЕЙ (*CRASSOSTREA GIGAS*) ПРИ ПОРАЖЕНИИ СВЕРЛЯЩЕЙ ГУБККОЙ *PIONE VASTIFICA*

Исследована интенсивность потребления кислорода гигантской устрицей *Crassostrea gigas* (Thünberg, 1793), культивируемой в Чёрном море, при её поражении сверлящей губкой *Pione vastifica* (Hancock, 1849). Устрицы, заселённые пионой, более чувствительны к дефициту кислорода в воде, а скорость потребления кислорода поражёнными устрицами в 2 – 3.5 раза ниже, чем здоровыми.

Ключевые слова: гигантская устрица *Crassostrea gigas*, перфорирующая губка *Pione vastifica*, интенсивность потребления кислорода, культивирование, Чёрное море

Интенсивность потребления кислорода является одним из важных эколого-физиологических показателей, характеризующих процессы жизнедеятельности гидробионтов. Известно, что на скорость дыхания двустворчатых моллюсков влияет ряд факторов: температура и солёность воды, присутствие загрязняющих веществ, интенсивность питания, наличие кратковременной или длительной гипоксии [6, 8, 11 – 15]. Имеются данные о зависимости скорости потребления кислорода гигантской устрицей от массы её тела и сезона [3, 10].

Изучение особенностей процессов жизнедеятельности гигантской (тихоокеанской, японской) устрицы *Crassostrea gigas* (Thünberg, 1793), акклиматизированной в Чёрном море, приобретает важное значение в связи с появлением в Украине первых марихозийств по её выращиванию. Преимущество этого экологически пластичного вида перед другими видами культивируемых устриц показал положительный опыт выращивания гигантской устрицы в Японии, Китае, США, а также у берегов Европы.

Показано, что гигантскую устрицу, культивируемую в Чёрном море, активно заселяют организмы-перфораторы раковин – губка *Pione vastifica* (Hancock, 1849), полихеты *Polydora ciliata* (Johnston, 1838), *P. websteri* Hartman in Lousanoff et Engle, 1943 и *Lysidice ninetta* Audouin et M.-Edwards, 1833 [1, 2]. В экспериментальном устричном хозяйстве Научно-

исследовательского центра Вооружённых Сил Украины «Государственный океанариум» в бухте Казачья (г. Севастополь) заселение устрицы губкой *P. vastifica* начинается уже с годовалого возраста и достигает 80 % у особей старше 4 лет [1, 5]. Негативное влияние пионы на моллюсков проявляется не только во внешних признаках (в перфорации раковины), но и в угнетении соматического роста, уменьшении массы мягких тканей. Устрицы, заселённые пионой, имеют общую массу на 31 %, а мягких тканей на 14% ниже, чем свободные от поражения одноразмерные особи [4].

Механизм воздействия пионы на организм заселяемого ею моллюска сложен и недостаточно изучен, по-видимому, он связан с влиянием на метаболизм моллюсков. Показателем метаболической активности гидробионтов может служить интенсивность потребления ими кислорода. Изучение влияния перфораторов раковин моллюсков на интенсивность их дыхания представляет несомненный интерес. Однако исследований интенсивности потребления кислорода гигантской устрицей, культивируемой в Чёрном море, при поражении её организмами-перфораторами ранее не проводилось.

Цель данной работы заключалась в сравнении интенсивности потребления кислорода здоровыми особями гигантской устрицы и поражёнными сверлящей губкой *P. vastifica*. Задачей исследования

являлось определение скорости потребления кислорода здоровыми и поражёнными пионой устрицами в условиях эксперимента и выявление критических уровней содержания кислорода в воде как показателя их чувствительности к дефициту кислорода.

Материал и методы. Исследования проводились в июле 2012 г. в экспериментальном хозяйстве НИЦ ВС Украины «Государственный океанариум», расположенном в бухте Казачья (г. Севастополь). Температура воды в море в этот период составляла 24°C. Для экспериментов были выбраны 8 одноразмерных экз. *S. gigas* возрастом 4 – 5 лет (высота раковин 120.4 ± 12.6 , длина 67.8 ± 7.1 мм), из них 4 экз., поражённых пионой, и 4 экз., свободных от неё. Площадь поражения раковин губкой составляла 90 – 100 %. Перед проведением экспериментов моллюсков тщательно очищали от обрастателей и выдерживали в течение 12 ч в ёмкости с аэрируемой морской водой; в это время животных не кормили.

Для оценки скорости потребления кислорода по одному экз. устриц помещали в термостатированные респирометры замкнутого типа объёмом 1.420 и 0.814 л с профильтрованной через газ-сито (10 мкм) морской водой (для исключения потребления кислорода микроводорослями). Температура воды в экспериментах соответствовала таковой в естественной среде обитания. Динамику потребления кислорода регистрировали с помощью кислородных электродов Кларка, размещённых в термостатированной ёмкости и подключённых к замкнутой системе циркуляции воды. Регистрацию осуществляли в непрерывном режиме. Значения содержания кислорода в воде записывали с помощью самописца КСП-4.

Интенсивность потребления кислорода устрицами рассчитывали по формуле:

$$R = (m_2 - m_1) \cdot V \cdot 60 \cdot t^{-1} \cdot P^{-1},$$

где: R – интенсивность потребления кислорода моллюском ($\text{мгO}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$); m_1 – содержание кислорода в воде в начале опыта ($\text{мгO}_2 \cdot \text{л}^{-1}$); m_2 – содержание кислорода в воде в конце опыта ($\text{мгO}_2 \cdot \text{л}^{-1}$); V – объём сосуда (л); t – время эксперимента (мин), P – масса мягких тканей устрицы (г).

Результаты и обсуждение. В результате потребления устрицами кислорода его содержание в респирометре в ходе эксперимента постепенно уменьшалось. Исходный фон со-

держания кислорода в воде был равен 7.43 – 6.26, а в конце эксперимента – 4.26 – 2.47 $\text{мгO}_2 \cdot \text{л}^{-1}$.

Диапазон значений интенсивности потребления O_2 у здоровых устриц в нашем эксперименте составлял 0.164 – 0.354 $\text{мгO}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$, что соответствует данным, полученным другими исследователями [3, 9], у заселённых пионой моллюсков – 0.075 – 0.204 $\text{мгO}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ (рис. 1, 2). Учитывая то, что для всех устриц в наших экспериментах соблюдены равные условия (температура воды, отсутствие корма и т.п.), именно поражение сверлящей губкой является фактором, ограничивающим интенсивность дыхания моллюсков.

В течение первых 10 – 20 мин, как у здоровых, так и у поражённых пионой устриц, наблюдалось повышение интенсивности дыхания. Аналогичная картина первоначального повышения интенсивности дыхания в условиях подобного эксперимента проявляется и у других гидробионтов, в частности у рыб, которые вначале испытывают беспокойство, попав в необычные условия в дыхательной камере, но затем их дыхание стабилизируется [7].

В нашем эксперименте в течение часа после стабилизации дыхания как здоровые, так и поражённые пионой устрицы потребляли постоянное количество кислорода, однако интенсивность его потребления здоровыми устрицами была в 2 раза выше ($p \leq 0,05$), составляя в среднем $0.339 \pm 0.019 \text{ мгO}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$.

После достижения критического уровня насыщения воды кислородом скорость его потребления устрицами резко упала. У особей, заселённых пионой, критический уровень насыщения воды O_2 , лимитирующий обмен, имел более высокое значение, в сравнении с устрицами, свободными от поражения. Для здоровых моллюсков критическим является содержание кислорода в воде на уровне 58% от исходного значения, для поражённых пионой – 72%.

Вероятно, поражённые пионой устрицы более чувствительны к содержанию кислорода в воде, чем здоровые моллюски.

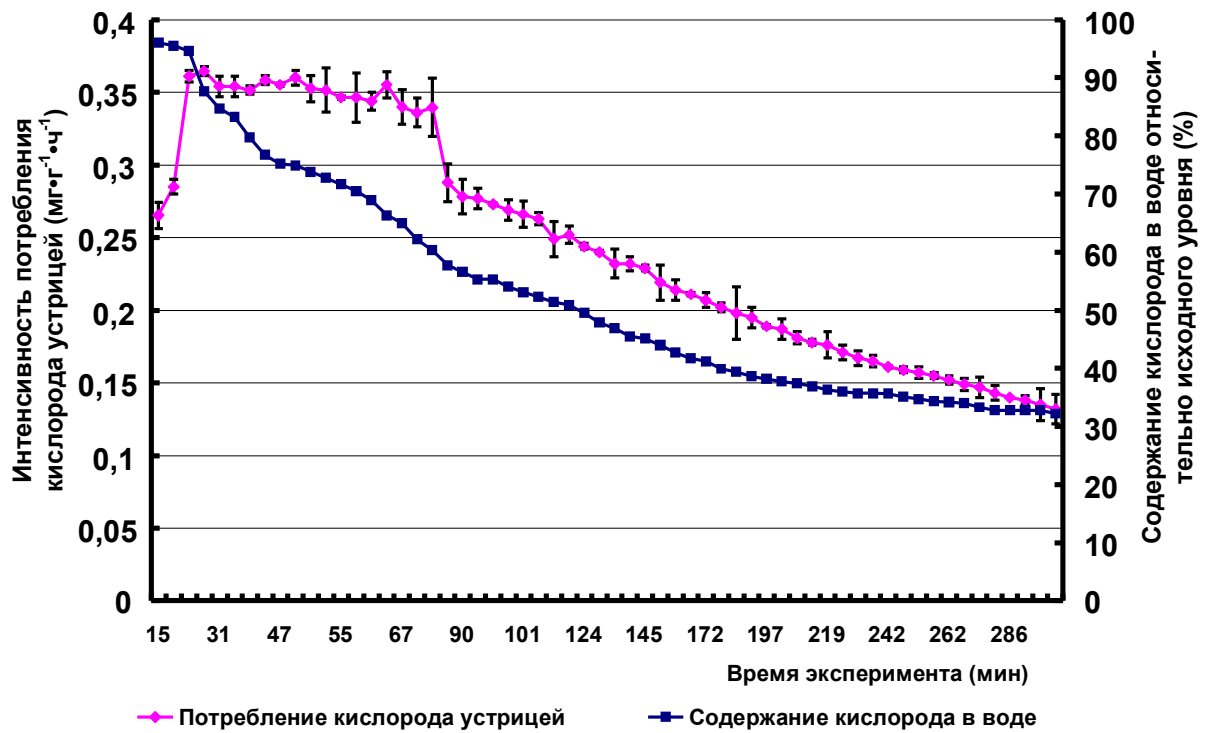


Рис. 1 Интенсивность потребления кислорода здоровой устрицей *Crassostrea gigas* при уменьшении концентрации кислорода в условиях эксперимента

Fig. 1 Oxygen consumption by parasite-free oyster *Crassostrea gigas* at diminishing oxygen concentration in the conditions of experiment

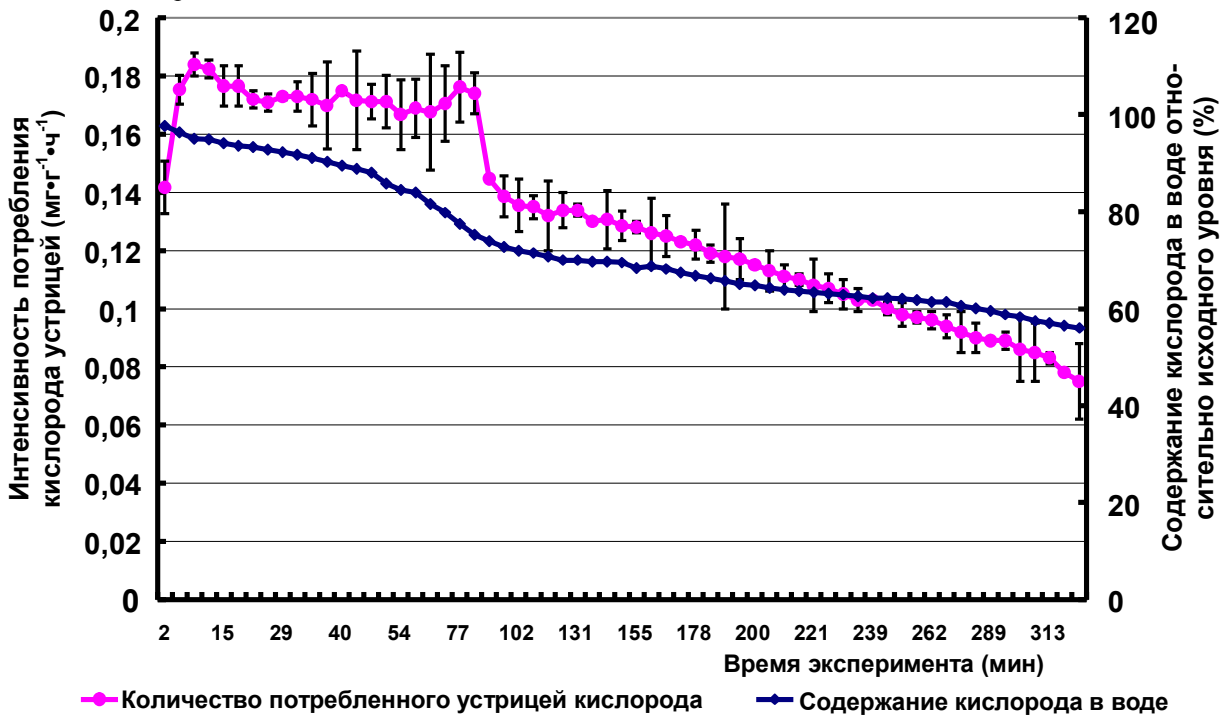


Рис. 2 Интенсивность потребления кислорода устрицей *Crassostrea gigas*, поражённой губкой *Pione vastifica*, при уменьшении концентрации кислорода в условиях эксперимента

Fig. 2 Oxygen consumption by oyster *Crassostrea gigas*, affected with *Pione vastifica*, at diminishing oxygen concentration in the conditions of experiment

В посткритический период, длившийся 4 ч, при дальнейшем снижении содержания кислорода в воде его потребление устрицами постепенно уменьшалось и к концу эксперимента для здоровых моллюсков составляло 0.164 (при уровне насыщения воды кислородом 39 – 30 %), для особей, заселённых *P. vastifica*, – $0.076 \pm 0.011 \text{ мгО}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ (уровень насыщения воды кислородом 59 – 50 %) (рис. 1, 2).

Интенсивность потребления кислорода характеризует уровень окислительных процессов, происходящих в организме, величину его общего обмена. Известно, что при гипоксии у моллюсков наблюдается снижение интенсивности обменных процессов, что позволяет им выжить в неблагоприятных условиях [9, 15].

Скорость потребления кислорода устрицами, поражёнными *P. vastifica*, во всех опытах была значительно ниже, чем здоровыми: при уровне кислорода в воде 100 – 90 % – в 1.8 раза ($p \leq 0.005$), при 79 – 70 % – в 2.4 раза ($p \leq 0.05$), при 69 – 60 % – в 3.1 раза ($p \leq 0.01$), при 59 – 50 % – в 3.5 раза ($p \leq 0.05$). Вероятно, снижение интенсивности потребления кисло-

рода устрицами, поражёнными *P. vastifica*, по сравнению со здоровыми моллюсками, свидетельствует об уменьшении уровня их метаболизма, что, в свою очередь, проявляется в снижении интенсивности роста и продукции поражённых моллюсков [4].

Выводы. 1. Впервые исследована интенсивность потребления кислорода гигантской устрицей (*Crassostrea gigas*), культивируемой в Чёрном море, при поражении её губкой *Pione vastifica*. **2.** Устрицы, поражённые пионной (площадь поражения раковин составляла 90 – 100%), более чувствительны к дефициту кислорода в воде, чем здоровые моллюски. Для здоровых устриц критический уровень содержания кислорода в воде, при котором наблюдается резкое сокращение интенсивности дыхания, составляет 58 %, для моллюсков, заселённых *P. vastifica* – 72%. **3.** Скорость потребления кислорода устрицами, заселёнными пионной, в 2 – 3.5 раза ниже, чем здоровыми, что может указывать на снижении уровня метаболизма таких моллюсков.

1. Гаевская А. В., Лебедовская М. В. Паразиты и болезни гигантской устрицы в условиях культивирования. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010. – 218 с.
2. Гаевская А. В., Лебедовская М. В. Микробиологические и паразитологические аспекты биотехнологии культивирования гигантской устрицы (*Crassostrea gigas*) в Чёрном море / Еремеев В.Н., Гаевская А.В., Шульман Г.Е., Загородняя Ю.А. Промысловые биоресурсы Чёрного и Азовского морей. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – С. 193 – 209.
3. Золотницкий А. П. Интенсивность дыхания и фильтрации японской устрицы (*Crassostrea gigas* Thünberg), акклиматизированной в Чёрном море // Тр. Южного научно-иссл. ин-та морск. рыбн. хоз-ва и океанографии. – 1998. – 44. – С. 55 – 59.
4. Лебедовская М. В. Морфометрические и микробиологические показатели гигантской устрицы *Crassostrea gigas*, культивируемой в Чёрном море, при поражении сверлящей губкой *Pione vastifica* // Морск. экол. журнал. – 2013. – 12, № 1. – С. 48 – 51.
5. Лебедовская М. В. Микробиологические и паразитологические аспекты биотехнологии культивирования гигантской устрицы (*Crassostrea gigas*) на Чёрном море: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Севастополь, 2011. – 24 с.
6. Столбов А. Я., Вялова О. Ю. Респираторный метаболизм черноморских мидий *Mytilus galloprovincialis* в условиях дефицита кислорода (экспериментальные исследования) // Экология моря. – 2001. – Вып. 56. – С. 59 – 62.
7. Строганов Н.С. Методики определения дыхания у рыб // Руководство по методике исследований физиологии рыб. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 35 – 39.
8. Сытник Н.А. О влиянии массы тела, температуры и солёности воды на интенсивность дыхания устрицы (*Ostrea edulis*) // Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Мат. V Міжнародн. наук. конф. – Днепропетровск, 2009. – С. 88 – 89.
9. Трусевич В. В., Столбов А. Я., Вялова О. Ю., Кондратьева Т. П., Морозова А. Л., Шульман Г. Е. Особенности метаболизма черноморской мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) из

- различных биотопов Карадагского заповедника // Морск. экол. журнал. – 2004. – **1**, № 3. – С. 79 – 86.
10. *Deslous-Paoli J.-M., Heral M.* Transfers energetiques entre l'eau d'un bassin ostreicole // *Heliotis*. – 1984. – **14**. – P. 79 – 90.
11. *Diaz J.R., Rosenberg R.* Marine benthic hypoxia: a review its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna // *Oceanography and Marine Biology Annual Review*. – 1995. – **33**. – P. 245 – 303.
12. *Famme P.* Effect of shell valve closure by the mussel *Mytilus edulis* L. on the rate of oxygen consumption in declining oxygen tension // *Comparative Biochemistry and Physiology*. – 1980. – **67**. – P. 167 – 170.
13. *West T.G., Boutilier R.G.* Metabolic suppression in anoxic frog muscle // *Journal of Comparative Physiology*. – 1998. – **168**. – P. 273 – 280.
14. *Wu R.* Hypoxia: from molecular responses to ecosystem responses // *Marine Pollution Bulletin*. – 2002. – **45**. – P. 35 – 45.
15. *Zwaan A. de, Wijsman A.* Anaerobic metabolism in Bivalvia (Mollusca). Characteristics of anaerobic metabolism // *Comparative Biochem. Physiology*. – 1976. – **54B**. – P. 313 – 324.

Поступила 12 февраля 2013 г.

Інтенсивність споживання кисню устрицею (*Crassostrea gigas*) при ураженні свердліакою губкою *Pione vastifica*. М. В. Лебедовська, А. Я. Столбов. Досліджувано інтенсивність споживання кисню гігантською устрицею *Crassostrea gigas*, здоровою і ураженою свердліакою губкою *Pione vastifica*. Інтенсивність споживання кисню ураженими устрицями в 2 – 3.5 рази нижче, ніж здоровими.

Ключові слова: гігантська устриця, перфоруюча губка, інтенсивність споживання кисню, культивування, Чорне море

Intensity of oxygen consumption in giant oyster (*Crassostrea gigas*) at involving by boring sponge *Pione vastifica*. M. V. Lebedovskaya, A. Ya. Stolbov. The intensity of consumption of oxygen by giant oyster *Crassostrea gigas* both healthy and affected by boring sponge *Pione vastifica* has been studied. Intensity of oxygen consumption by affected oysters is lower, than by healthy ones in 2 – 3.5 times.

Keywords: giant oyster, boring sponge, intensity of oxygen consumption, cultivation, Black Sea