

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЖАБЕРНОГО АППАРАТА ЧЕРНОМОРСКОЙ УСТРИЦЫ *OSTREA EDULIS* L.

Изучены особенности формирования жабрного аппарата черноморской устрицы *Ostrea edulis* L. Установлено, что показатель приведенной удельной поверхности жабр ( $S_0$ ) при увеличении длины раковин от 47 до 54 мм возрастает более, чем на 30 %, от 54 до 62 мм - на 19 %. Площадь жабрерной поверхности ( $S$ ) наиболее интенсивно увеличивается при длине раковины от 54 до 62 мм, более, чем на 46 %, от 47 до 54 мм - около 40 %. Закладка новых жабрерных филламентов прекращается, когда длина устриц достигает 54 мм. Установлено, что коэффициент коррелляции между показателями отношения высоты раковин к их длине ( $B/D$ ) и  $S_0$  - 0,71; между  $B/D$  и  $S$  - 0,92; между  $S_0$  и  $S$  - 0,91; между  $S_0$  и числом жабрерных филламентов ( $N$ ) - 0,90. Существует четкая зависимость между габитуальными показателями и особенностями формирования жабрерного аппарата, причем наибольшему отношению  $B/D$  соответствует максимальное значение  $S$ .

При исследовании функциональной морфологии двустворчатых моллюсков, в том числе устриц, особый интерес, как и особые сложности, представляет изучение формирования и работы жабрерного аппарата, что связано с его тонкой структурной организацией и полифункциональностью. Устрицы имеют несимметричные грубо-чешуйчатые створки раковин изменчивой формы. Левая (нижняя) створка блюдцеобразной формы. Ею устрицы прикрепляются к сваям и камням. Правая (более плоская) створка прикрывает устрицу как крышкой. Имея открытую мантию и жабры, устрицы очень чувствительны к уровню загрязнения воды, а также к количеству кислорода, необходимого для дыхания организмов. Высокая чувствительность устрицы *Ostrea edulis* L. к загрязнителям разной природы ставит этот вид в Черном море на грань выживания. С 1994 г. *O. edulis*. занесена в Красную книгу Украины.

Целью нашей работы являлось выявить закономерности формирования жабрерного аппарата *O. edulis*, определить наличие взаимосвязи между структурными показателями жабр (приведенной удельной поверхностью ( $S_0$ ), числом жабрерных филламентов ( $N$ ), площадью поверхности ( $S$ ) и габитуальными характеристиками (длиной, шириной, высотой, отношением длины к высоте) представителей данного вида.

Районом исследований была выбрана Карадагская бухта (юго-восточный Крым), донные осадки которой в целом не загрязнены нефтепродуктами. Вместе с тем, по сравнению с 1976 г., содержание в донных осадках хлороформного битумоида имеет тенденцию к увеличению (содержание хлороформных битумоидов составляет 0,06 г/100г, органического вещества 1,6 %) [3].

**Материал и методика.** В ходе экспедиционных работ с 1991 по 2000 гг. были проведены исследования габитуально-морфологических показателей устрицы *Ostrea edulis*. В 1991 г. пробы моллюсков были взяты для изучения формирования их жабрерного аппарата, а с 1992 г. проводили ежегодные визуальные наблюдения за численностью устриц. Пробы брали с глубины 2 - 3 м со свай причального пирса биостанции. На придонных камнях устрицы обнаружены не были.

Габитуально-морфологическими показателями служили длина, ширина и высота створок, а также показатель приведенной удельной поверхности ( $S_0$ ) жабр моллюсков:

$$S_0 = \sqrt{S} / \sqrt[3]{V},$$

где  $S$  - площадь поверхности жабр,  $V$  - объем жабр.

Этот показатель несет не только морфологическую, но и физиологическую нагрузку, так как от общего объема жабр во многом зависит характер обмена веществ. Для определения  $S_0$  у живых моллюсков выделяли жабры и помещали под микроскоп. Измерения производили с помощью бинокулярной линейки. Площадь и объем жабрерных

лепестков находили по стандартным формулам [4, 5]. Измерения габитуальных показателей раковин проводили с помощью штангенциркуля.

Количество осадка в воде находили посредством ее фильтрации и взвешивания фильтра. Для этого пробы воды отфильтровывали через предварительно взвешенные складчатые фильтры ( $m_1$ ), которые после фильтрации высушивали до постоянного веса в термостате ( $m_2$ ). Вес осадка определяли по разнице  $m_2 - m_1$ . Расчет производили в граммах осадка на 1л морской воды. Данные были подвергнуты статистической обработке. Проводилась статистическая оценка параметров стандартного отклонения  $\sigma$  и  $\sigma_x$ , коэффициента корреляции  $r$ .

**Результаты и обсуждение.** Мы установили, что у устриц при увеличении длины раковин от 47 до 54 мм  $S_0$  возрастает более, чем на 30 %, от 54 до 62 мм - лишь на 19 %. Это свидетельствует о наиболее быстром развитии и дифференциации тканей жабр у устриц размерного диапазона 47 - 54 мм. Закладка новых жаберных филламентов прекращается, когда длина устриц достигает 54 мм (рис.1).

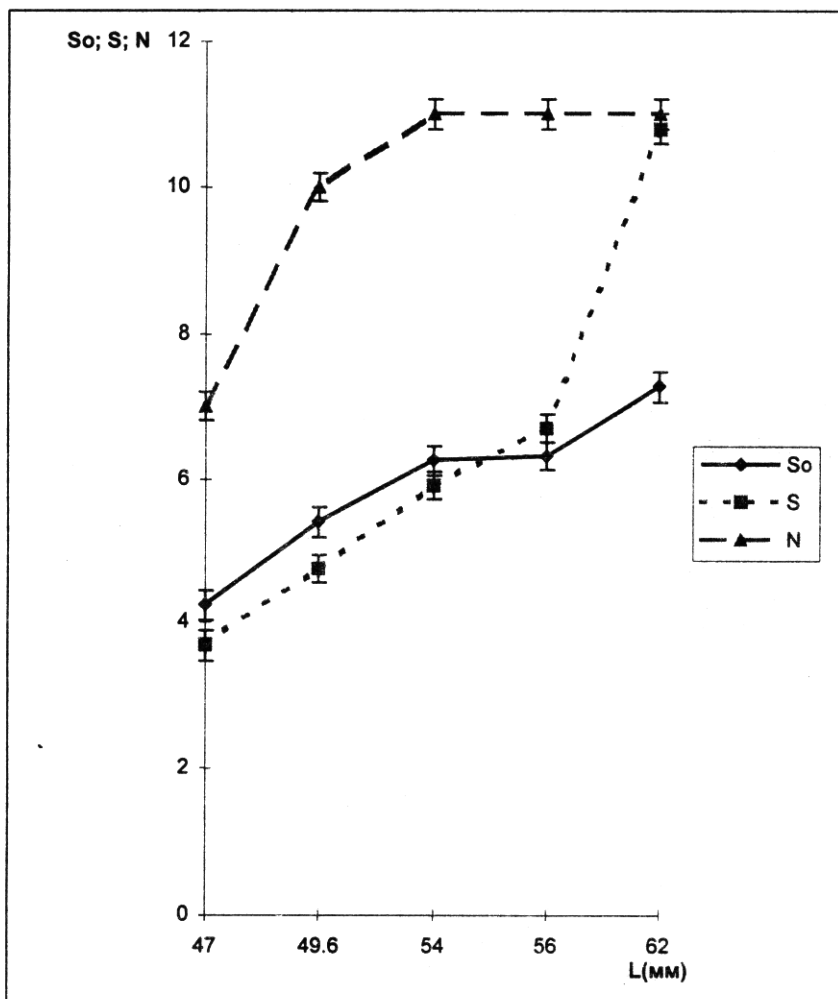


Рисунок 1 Зависимость величин площади жабр (в  $\text{cm}^2$ , S), приведенной удельной поверхности жаберных филламентов ( $S_0$ ), числа жаберных филламентов (N) от длины раковины (L) *Ostrea edulis* L.

Figure 1 The relationship between area gills ( S,  $\text{cm}^2$ ), the reduced specific surface of gill filaments ( $S_0$ ), the number of gill filaments (N) and shell length (L) of *Ostrea edulis* L.

При длине раковины от 54 до 62 мм площадь жабр увеличивается наиболее интенсивно - более чем на 46 %, от 47 до 54 мм - около 40 %. Наибольший показатель приведенной удельной поверхности ( $S_0 = 7,27$ ) был отмечен для жабр одной устрицы с наибольшими габитуальными показателями (длина 62 мм, ширина 52,1 мм, высота 24 мм).

У устриц наибольшие значения коэффициента фильтрации достигает 20 - 30 л/мл  $O_2$  у молодых особей, тогда как у старых не превышает 3,6 л/мл  $O_2$  [2]. Известно, что у мелких моллюсков интенсивность газообмена в физиологическом оптимуме скоростей потока через жаберный аппарат в 2 - 3 раза выше, чем у крупных [6]. Например, установлена обратная зависимость скорости потребления кислорода мидиями от их возраста и массы тела [1].

Мы обнаружили, что коэффициент корреляции между показателями отношения высоты раковин к их длине (В/Д) и  $S_0$  - 0,71; между В/Д и S - 0,92; между  $S_0$  и S - 0,91; между  $S_0$  и N - 0,90. Из этого следует, что существует четкая зависимость между габитуальными показателями устриц и особенностями формирования их жаберного аппарата, причем наибольшему отношению В/Д соответствует максимальное значение S (таб.).

Таблица Габитуально-морфологические показатели *Ostrea edulis* L. из бухты Карадагской (средние значения)  
Table Habitual-morphological parameters of *Ostrea edulis* L. from Karadag Bay (average values)

Длина раковины, мм	Высота раковины, мм	Ширина раковины, мм	Длина филламентов, мм	Диаметр жаберных филламентов, мм	Отношение высоты к длине (В/Д)	S
47	10	41,9	2,7	0,99	0,21	3,7
49,6	11,2	44,8	3,8	0,91	0,23	4,75
54	11,7	45,4	6,2	0,90	0,22	5,9
56,1	11,5	46	6,5	0,93	0,22	6,7
62	24	52,1	7	0,92	0,39	10,8

В 1992 г. в районе Карадагской бухты нами обнаружено 36 особей *O. edulis*, в 1996 г. их количество уменьшилось до 12, в 1998 г. - до 7, в 1999 г. была найдена единственная устрица. Во время экспедиции 2000 г. живых устриц не обнаружено, встречались только пустые створки.

Можно предположить, что отмеченное нами сокращение численности *O. edulis* объясняется сочетанием факторов мутности воды и высокого уровня эвтрофикации, что приводит к интенсивному налипанию взвешенных частиц на адсорбтивных поверхностях [7]. Многочисленные экспериментальные данные по взаимодействиям различных классов органических соединений с кальцитом и арагонитом показывают сильную адсорбцию растворенных органических веществ, снижающую активность поверхности гидробионтов [9]. Ил засоряет жабры устриц и делает невозможной фильтрацию ими воды. Нами установлено, что количество суммарного осадка в морской воде исследуемого района колеблется от 0,3 до 0,7 г/л. Значительное содержание органического вещества в воде и высокие летние температуры воды, очевидно, приводят к дефициту кислорода. При исследовании энергетического обмена у двустворчатых моллюсков в условиях аноксии показано, что скорость утилизации АТФ у олигосапробных видов, к которым относят и *O. edulis*, резко изменяется, что приводит к истощению энергетических запасов [8].

**Выводы.** 1. Установлено, что наиболее интенсивное развитие и дифференциация жабр *O. edulis* L. происходят при длине раковины от 47 до 54 мм, о чем свидетельствует прекращение закладки новых жаберных филламентов у моллюсков с длиной раковины более 54 мм. 2. Площадь жабр у моллюсков с длиной раковины от 47

до 54 мм увеличивается на 40 %, у более крупных моллюсков (от 54 до 62 мм) более, чем на 46 %. 3. Показатель  $S_0$  находится в зависимости как от числа жаберных филламентов, так и от площади жаберной поверхности, что дает основание считать  $S_0$  интегральным показателем развития жаберного аппарата. 4. Установлена зависимость между габитуальными показателями *O. edulis* и основными характеристиками жаберного аппарата, причем наибольшему отношению высоты раковин к их длине соответствует максимальное значение площади жабр.

Авторы выражают благодарность чл.-корр. НАНУ Заике В. Е., к.б.н. Солдатову А. А. за ценные консультации и аспиранту Безвушко А. И. за помощь в сборе материала.

1. Зотин А.И., Коноплев В.А., Радзинская Л.И. и др. Зависимость скорости потребления кислорода от массы тела мидий // Гидробиол. журн. - 1987. - 23, № 2. - С. 64 - 67
2. Золотницкий А.С. О соотношении процессов дыхания и фильтрации у плоской устрицы // Тез. докл. Всес. конф., Мурманск, 1989. - Апатиты, 1989. - С. 68
3. Миронов О.Г., Кирюхина Л.Н., Дивавин И.А. Санитарно-биологические исследования в Черном море. - Санкт-Петербург: Гидрометеониздат, 1992. - 115 с.
4. Оскольская О.И., Тимофеев В.А., Бондаренко Л.В. Влияние загрязнения шельфовой зоны Черного моря на морфофизиологические характеристики мидии *Mytilus galloprovincialis* Lmk // Экология моря. - 1999. - Вып. 49. - С. 84 - 89.
5. Оскольская О.И., Тимофеев В.А., Бондаренко Л.В. Способ биоиндикации морской среды: Патент № 99073833. МПК 6 G01N33 / 18, A01K61/ 00., Пр. 24. 02. 2000. -Украина. - 2000. - 10 с
6. Петров А.Н., Ревков Н.К. Изучение респираторной и фильтрационной активности у двух видов моллюсков в зависимости от экологических особенностей мест обитания // Проблемы современной биологии: Тр. 18 науч. конф. мол. ученых биол. фак. МГУ, Москва 20 - 24 апр. - 1987. - М., 1987.- Ч. 1.- С. 48 - 50.
7. Покровский О.С., Савенко В.С. Влияние растворенного органического вещества на кинетику гомогенного осаждения арагонита в морской воде // Океанология. - 1994. - 34, №3. - С. 833 - 841.
8. Финенко Г.А., Аболмасова Г.И. Особенности энергетического бюджета мидий в Севастопольской бухте // Биология моря. - 1992. - № 1 - 2. - С. 96 - 100.
9. Zullig J.J., Morse J.W., Interaction of organic acids with carbonate mineral surfaces in seawater and related solutions I. Fatty acid adsorption // Geochim. Cosmochim. Acta. - 1988.- 52. - P. 1667 - 1678.

Институт биологии южных морей НАНУ,  
г. Севастополь

Получено 03.10.2000

V. A. TIMOFEEV, O. I. OSKOLSKAYA

CHARACTERS OF THE GILL APPARATUS FORMATION OF BLACK SEA OYSTER,  
*OSTREA EDULIS* L.

Summary

The formation of the new gill filaments stops when length of oysters reaches 54 mm. The parameter of the reduced specific surface ( $S_0$ ) at increase of shell length from 47 up to 54 mm grows more than by 30 %, whereas in accordance with growth of shell length with 54 up to 62 mm  $S_0$  - on 19 %. It testifies to the fastest development and differentiation of tissues of gills in the range from 47 up to 54 mm. The area of gill surface (S) increases more heavily at shell length from 54 up to 62 mm more, than by 46 %, from 47 up to 54 mm about 40 %. It is established, that correlation factor between parameters of the relation of shell height to their length (H/D) and  $S_0=0,71$ ; between H/D and  $S=0,92$ ; between  $S_0$  and  $S=0,91$ ; between  $S_0$  and the number of gill filaments (N)=0,90. This implies that the clear dependence between habitual parameters and characters of the gill apparatus formation is. The maximum value of H/D corresponds the maximum meaning of S.