



УДК 502.35:627.2(262.5)

**МОРСКОЙ  
БИОЛОГИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ**

2016. Т. 1. № 1. С. 64-69

ISSN 2499-9768 print

ISSN 2499-9779 online

**О. В. Соловьёва**, канд. биол. наук, с. н. с.

ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН», Севастополь, РФ

**МИДИЕВОЕ ОБРАСТАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ  
В УСЛОВИЯХ КУТОВОЙ ЧАСТИ  
СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ (ЧЁРНОЕ МОРЕ)**

Исследование обрастания водозаборной трубы Севастопольской теплоэлектростанции позволило получить дополнительную информацию для планирования размещения искусственных объектов в условиях Севастопольской бухты с учётом их потенциальных биопозитивных свойств. Проведён количественный учёт и измерение митилидных моллюсков в обрастании металлической конструкции в кутовой части Севастопольской бухты, где обнаружены только мидии. Показатели их обилия закономерно изменялись с глубиной и в зависимости от водообмена. На внутренней стороне конструкции численность мидий достигала 448 экз.·м<sup>-2</sup> при биомассе 948 г·м<sup>-2</sup>, на внешней поверхности в нижнем горизонте эти показатели составили соответственно 352 экз.·м<sup>-2</sup> и 4627 г·м<sup>-2</sup>, в поверхностном – 224 экз.·м<sup>-2</sup> и 1890 г·м<sup>-2</sup>. Оценка мощности биофильтра показала, что минимальных значений она достигает на внутренней части трубы – 463 л·сут.<sup>-1</sup>·м<sup>-2</sup>. На наружной поверхности конструкции в верхней части данная величина составляет 555, а на нижней – 1574 л·сут.<sup>-1</sup>·м<sup>-2</sup>, что примерно в 3 раза превосходит показатели, фиксируемые на остальных участках трубы. Установлено, что даже в условиях внутренних участков Севастопольской бухты (где зафиксированы повышенные уровни загрязняющих веществ и актуальным является интенсификация процессов самоочищения) с увеличением глубины возрастает обилие митилидного обрастания, что ведёт к формированию более эффективных биофильтров. Сравнение митилидного обрастания на внутренней и внешней частях водозаборной трубы показывает, что уже в 0.5 м от её оконечности условия обитания мидий существенно хуже, чем на поверхности, свободно омываемой водами бухты. В результате биомасса моллюсков, и, как следствие, фильтрационная работа поселения снижаются. На этом основании при проектировании биопозитивных конструкций нужно учитывать, что при вертикальной ориентации глубина ниш должна быть небольшой, чтобы водообмен в них был достаточным для создания максимально комфортных условий обитания моллюсков-фильтраторов.

**Ключевые слова:** биопозитивные конструкции, искусственный субстрат, мидии, биофильтр, Севастопольская бухта, Чёрное море

Севастопольская бухта, особенно внутренние, близкие к кутовой участки её акватории, находятся под постоянной антропогенной нагрузкой, вследствие чего и сама бухта, и её отдельные участки являются зоной экологической нестабильности [3]. По этой причине изучение процессов естественного самоочищения в бухте и поиски путей их интенсификации не перестают быть актуальными и в настоящее время. Одним из возможных путей интенсификации процессов самоочищения акватории бухты может быть установка погружённых искусственных конструкций, способствующих увеличению численно-

сти гидробионтов, в первую очередь, моллюсков-фильтраторов, играющих основную роль в процессах самоочищения акваторий. Определение параметров таких конструкций, их формы и размеров является одной из первостепенных задач технической гидробиологии. Известно, что в акватории Севастопольской бухты находится значительное количество искусственных объектов различного хозяйственного предназначения, на которых сформировались и функционируют сообщества, определённым образом влияющие на состояние омывающих их вод. Одними из таких хозяйственных кон-

струкций являются металлические водозаборные трубы Севастопольской теплоэлектростанции (ТЭЦ), погружённые в воду бухты на глубину примерно 4,5 м. На поверхности и внутренней части труб сформировалось многолетнее сообщество обрастателей, прежде всего, митилидных моллюсков, составляющих основу естественного биофильтра. Данное сооружение в настоящее время не функционирует и обрастание на нём не очищалось не менее 7 – 10 лет. Поскольку труба находится в охраняемой акватории, вероятность сбора на этом участке моллюсков любителями мидий можно считать минимальной. На примере данного объекта можно исследовать особенности митилидного обрастания на различных горизонтах глубин, а также в условиях замкнутого пространства. Это может дать определённую информацию при проектировании уста-

новки биопозитивных объектов в условиях Севастопольской бухты.

Целью работы явилось исследование митилидного обрастания водозаборной трубы Севастопольской ТЭЦ как модельного объекта для изучения обрастания искусственных субстратов в условиях Севастопольской бухты.

**Материал и методы.** В апреле 2015 г. был проведён отбор проб обрастания с поверхности водозаборных труб Севастопольской ТЭЦ, расположенной на берегу Севастопольской бухты в районе посёлка ГРЭС (рис. 1). Материал отбирали водолазы с площадки 25×25 см ручным пробоотборником с глубины 0,5 и 4 м (примерно 0,5 м от конца трубы и 1,5 м от дна) на внешней стороне трубы и на глубине около 4 м – на внутренней (рис. 2).

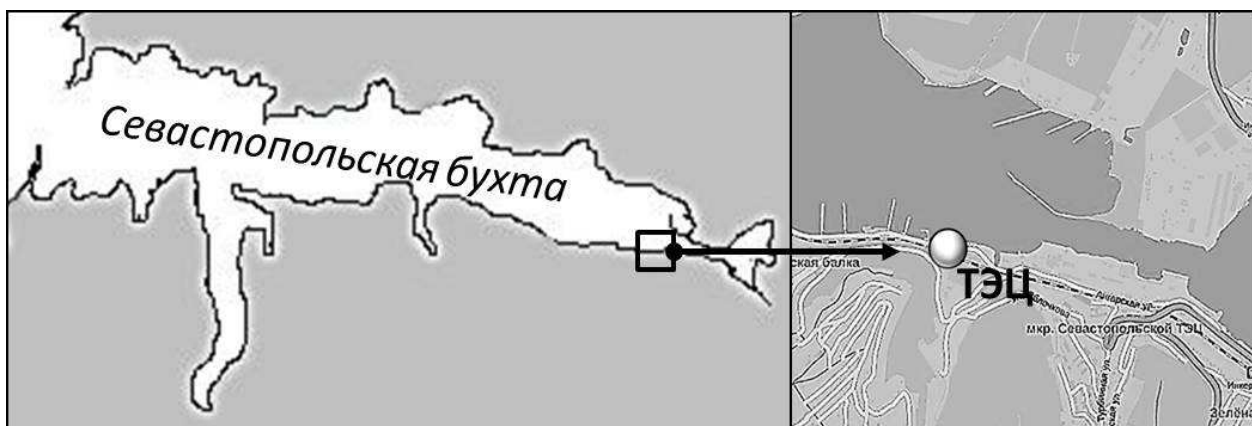


Рис. 1 Карта-схема района проведения исследований  
Fig. 1 The schematic map of the research area

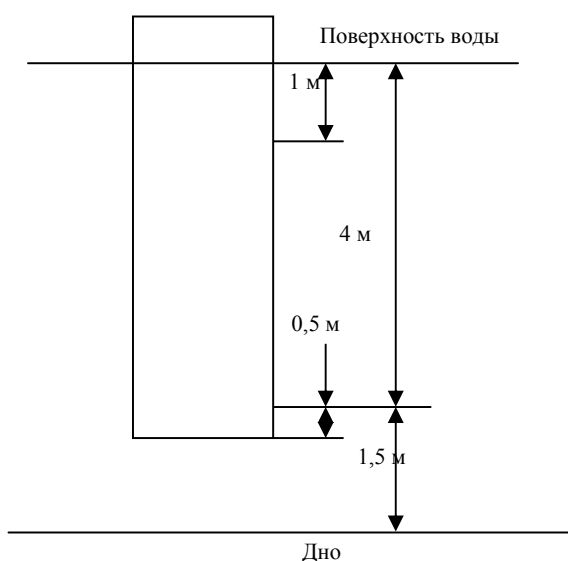


Рис. 2 Схема отбора проб  
Fig. 2 The scheme of sampling

В лаборатории из полученных образцов обрастания отбирали моллюсков, в данном случае это были мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lam., 1819). Далее штангенциркулем (точность 0,1 мм) измеряли длину раковины моллюсков и разделяли их на размерные группы 1 – 10, 11 – 20, 21 – 30, 31 – 40, 41 – 50, 51 – 60, 61 – 70 и 71 – 80 мм. Особи с пограничным размером относили к группе более крупных организмов. Особей мельче 1 мм не учитывали.

Моллюсков, предварительно обсушенных, взвешивали на технических весах (точность 0,1 г).

Фильтрационная работа ( $\text{л}\cdot\text{сут.}^{-1}\cdot\text{м}^{-2}$ ), совершаемая за сутки моллюсками, обитающими на  $1 \text{ м}^2$  гидротехнического сооружения, оценивалась, исходя из средней скорости фильтрации моллюсков в  $i$ -ой размерной группе ( $F_i$ ,  $\text{л}\cdot\text{экз.}^{-1}\cdot\text{сут.}^{-1}$ ) [4, 5] и численности размерных групп ( $N_i$ ,  $\text{экз.}\cdot\text{м}^{-2}$ ) по формуле 1:

$$F_{\Sigma} = \Sigma(F_i \times N_i) \quad (1)$$

**Результаты и обсуждение.** Исследуемая металлическая труба была покрыта плотным митилидным обрастанием. Как уже отмечено, на момент отбора проб данное сооружение не функционировало примерно 7 – 10 лет, т.е. сформировавшееся на нём обрастание является классическим примером климаксного состояния сообщества обрастания, характерного для данного участка севастопольской акватории.

В отобранном материале обнаружены только мидии. Митилястеры, характерные для искусственных субстратов Севастопольской бухты и прилегающих участков побережья Севастополя, полностью отсутствовали. Соору-

жение находится в достаточно закрытом, защищённом от штормов участке Севастопольской бухты, что создаёт благоприятные условия для обитания на нём мидий и не позволяет митилястерам колонизировать данный субстрат, в отличие, к примеру, от подверженной волновому воздействию набережной, на большинстве участков которой доминирует митилястер [6].

На внутренней стороне конструкции численность мидий достигала  $448 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-2}$  при биомассе  $948 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$ , на внешней поверхности в нижнем горизонте эти показатели составили соответственно  $352 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-2}$  и  $4627 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$ , в поверхностном –  $224 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-2}$  и  $1890 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$  (рис. 3). Таким образом, с увеличением глубины численность и биомасса мидий на внешней стороне сооружения явно возрастали. Особенно это характерно для показателей биомассы. Известно, что с увеличением глубины мидии становятся многочисленнее и крупнее. Со снижением волнового воздействия [2] и перепада температур [1, 8] их выживаемость возрастает.

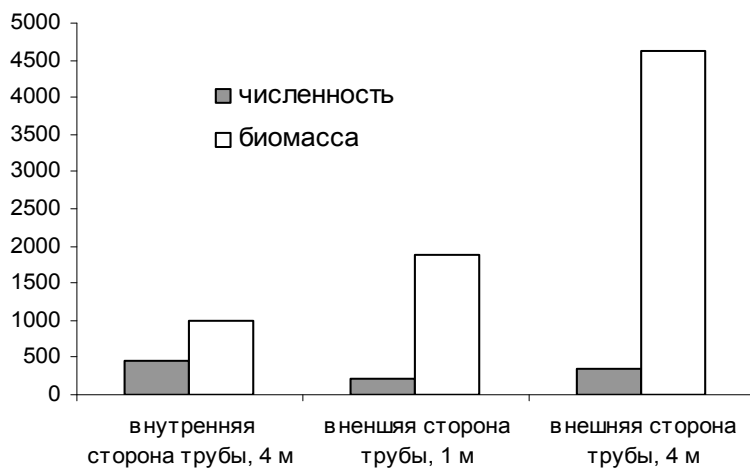


Рис. 3 Численность ( $\text{экз.}\cdot\text{м}^{-2}$ ) и биомасса ( $\text{г}\cdot\text{м}^{-2}$ ) мидий на водозаборной трубе Севастопольской ТЭЦ  
 Fig. 3 Abundance ( $\text{ind.}\cdot\text{м}^{-2}$ ) and biomass ( $\text{g}\cdot\text{м}^{-2}$ ) of mussels on the water intake pipe of Sevastopol heat and power plant

При сравнении обрастания на внешней и внутренней поверхности трубы в горизонте глубины порядка 4 м видно, что на внутренней поверхности численность мидий в два раза превышает таковую на внешней поверхности, тогда как биомасса мидий, напротив, в два раза выше на внешней поверхности конструкции.

Таким образом, внутри трубы мидии намного мельче, чем на её внешней поверхности. Возможно, это связано с недостаточным водообменом, и, как следствие, дефицитом кислорода и питания уже на расстоянии 0.5 м от оконечности трубы.

Размерная структура поселений также была неоднородной (рис. 4). Как можно судить по соотношению численности и биомассы, наиболее крупные моллюски обитали на внешней поверхности сооружения. Их длина достигала 78 мм. Наибольшая доля моллюсков этой размерной группы (71 – 80 мм) выявлена в нижней части конструкции, – 45 %. На этом участке трубы отсутствовала молодежь длиной менее 20 мм, а на особи длиной 21 – 50 мм совокупно приходилось 15 % численности вида.

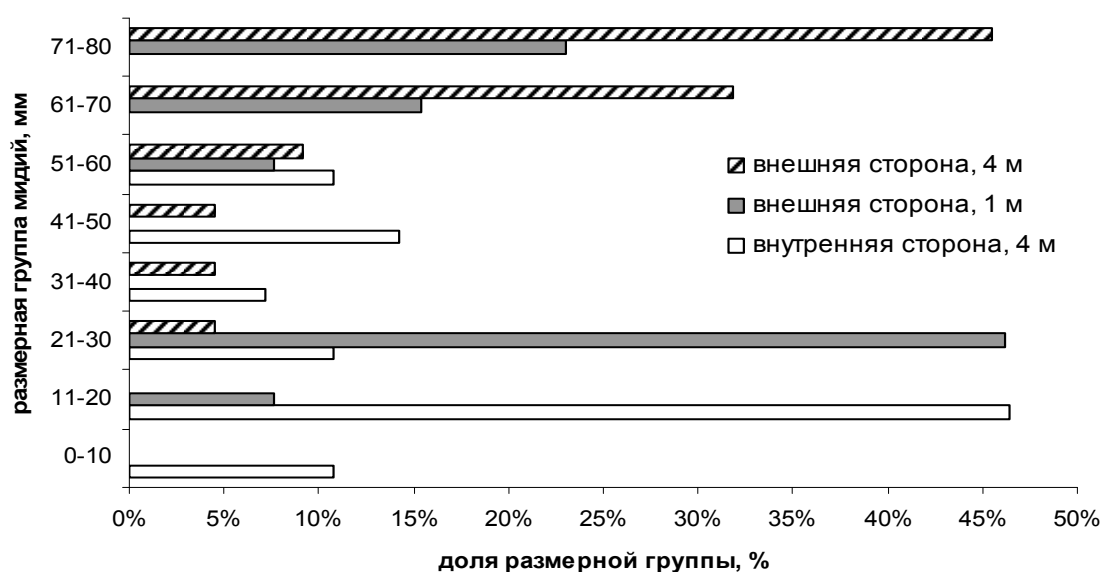


Рис. 4 Размерная структура мидий на водозаборной трубе Севастопольской ТЭЦ  
Fig. 4 The dimensional structure of the mussels on the water intake pipe of Sevastopol heat and power plant

В поселении моллюсков внутри трубы диапазон их размеров составлял 1 – 60 мм, т.е. только на этом участке в момент отбора проб присутствовали особи мельче 10 мм. Их длина не превышала 3 – 5 мм и на их долю приходилось 11 % общей численности.

Учитывая отсутствие осевшей молодежи на внешней стороне трубы, можно полагать, что наличие мелких мидий на внутренней поверхности связано с тем, что на данном участке рост моллюсков происходит медленнее в результате менее благоприятных условий обитания [2, 7].

На основании данных о численности и размерном составе мидий была оценена мощ-

ность биофильтра, формируемого данным видом. Выяснилось, что минимальных значений она достигает у моллюсков, поселившихся на внутренней части трубы, –  $463 \text{ л} \cdot \text{сут.}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$ . На наружной поверхности конструкции в её верхней части данный показатель был равен 555, а на нижней –  $1574 \text{ л} \cdot \text{сут.}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$ . Иными словами, мощность биофильтра, формируемого сообществом мидий на нижней части наружной поверхности трубы, примерно в три раза превышала показатели, наблюдавшиеся на остальных участках. Подобная разница вызвана наличием значительного количества крупноразмерных особей в поселении на глубине 4 м (рис. 5).

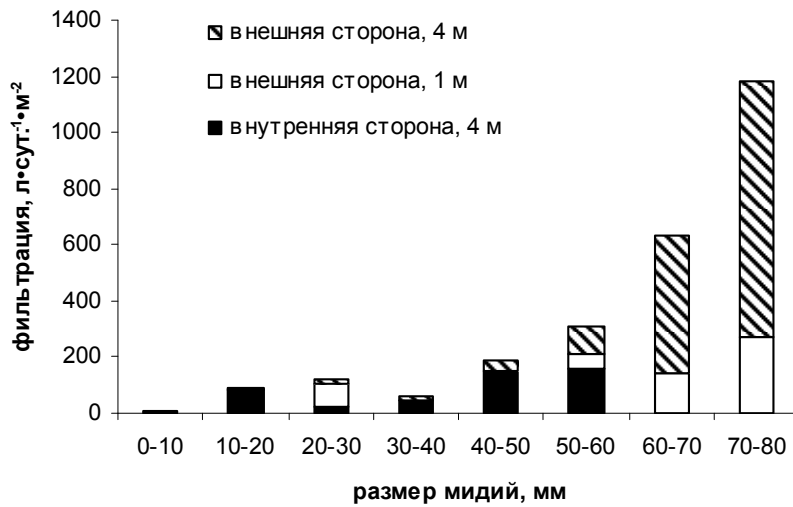


Рис. 5 Фильтрационная работа различных размерных групп мидий на водозаборной трубе Севастопольской ТЭЦ, л·сут.<sup>-1</sup>·м<sup>-2</sup>  
 Fig. 5 The filtration activity of various dimensional groups of mussels on the water intake pipe of Sevastopol heat and power plant, l·day.<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>

Таким образом, исследование обрастания данной конструкции даёт ценную информацию для планирования размещения искусственных объектов в условиях Севастопольской бухты с учётом их потенциальных биопозитивных свойств. Показано, что даже в условиях внутренних участков Севастопольской бухты, для которых характерны повышенные уровни загрязняющих веществ [3] и актуальным является интенсификация процессов самоочистки, с увеличением глубины возрастает обилие митилидного обрастания. Это ведёт к формированию на больших глубинах более эффективных биофильтров.

Сравнение митилидного обрастание на внутренней и внешней частях водозаборной трубы показывает, что уже в 0.5 м от её оконечности условия обитания мидий существенно хуже, чем на открытой поверхности, свободно омываемой водами бухты. В результате биомасса моллюсков, и, как следствие, фильтрационная работа поселения снижаются. Следовательно, при проектировании биопозитивных конструкций нужно учитывать, что при вертикальной ориентации глубина ниш должна быть небольшой, чтобы водообмен в них был достаточным для создания максимально комфортных условий обитания моллюсков-фильтраторов.

**Выводы. 1.** В обрастании металлической конструкции в кутовой части Севастопольской бухты из митилидных моллюсков обнаружены только мидии. Показатели их обилия закономерно изменялись с глубиной и в зависимости от водообмена. На внутренней стороне конструкции численность мидий составляла 448 экз·м<sup>-2</sup>, при биомассе 948 г·м<sup>-2</sup>. На внешней поверхности в нижнем горизонте численность составляла 352 экз·м<sup>-2</sup> при биомассе – 4627 г·м<sup>-2</sup>, а в поверхностном – 224 экз·м<sup>-2</sup> и 1890 г·м<sup>-2</sup> соответственно. **2.** Оценка мощности биофильтра показала, что минимальных значений она достигает на внутренней части трубы – 463 л·сут.<sup>-1</sup>·м<sup>-2</sup>. На наружной поверхности конструкции в верхней части данная величина составляет 555 л·сут.<sup>-1</sup>·м<sup>-2</sup> и на нижней – 1574 л·сут.<sup>-1</sup>·м<sup>-2</sup>, что примерно в 3 раза превосходит показатели остальных участков трубы. **3.** На поверхности конструкции обитали достаточно крупные мидии, размер которых достигал 71 – 80 мм. **4.** При проектировании биопозитивных конструкций рекомендовано учитывать, что при вертикальной ориентации, глубина ниш должна быть небольшой, чтобы водообмен в них был достаточным для создания максимально комфортных условий обитания моллюсков-фильтраторов.

1. Говорин И.А., Шацилло И.А. Перифитонные поселения мидий *Mytilus galloprovincialis* (Lam., 1819) и митилистера *Mytilaster lineatus* (Gmel., 1791) в условиях аномально высокой температуры прибрежных морских вод // *Ruthenica*. 2012. Vol. 22, no 2. С. 101–110. [Govorin I.A., Shatsillo I.A. The periphyton settlements of mussels *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) and mytilasters *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791) in abnormal high temperature conditions of the coastal sea waters. *Ruthenica*, 2012, vol. 22, no. 2, pp. 101–110. (in Russ.)]
2. Заика В.Е., Валовая Н.А., Повчун А.С., Ревков Н.А. Митилиды Чёрного моря. Киев: Наукова думка, 1990. 208 с. [Zaika V.E., Valovaya N.A., Povchun A.S., Revkov N.A. *Mitilidy Chernogo morya*. [Mytilidae of the Black Sea. Kiev: Naukova dumka, 1990, 208 p. (in Russ.)]
3. Коновалов С.К., Романов А.С., Моисеенко О.Г., Внуков Ю.Л., Чумаков Н.И., Овсяный Е.И. Атлас океанографических характеристик Севастопольской бухты. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 320 с. [Konovalov S.K., Romanov A.S., Moiseenko O.G., Vnukov Yu.L., Chumakov N.I., Ovsyanyi E.I. *Atlas okeanograficheskikh kharakteristik Sevastopol'skoi bukhty*. Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika, 320 p.]
4. Миронов Г.Н. Фильтрационная работа и питание мидий Чёрного моря // *Труды Севастопольской биологической станции*. – 1948. – Т. 6. – С. 338–352. [Mironov G.N. Fil'tratsionnaya rabota i pitanie midii Chernogo morya. *Trudy Sevastopol'skoi biologicheskoi stantsii*, 1948, vol 6, pp. 338–352.]
5. Петров А.Н., Ревков Н.К. Изучение респираторной и фильтрационной активностей у двух видов моллюсков в зависимости от экологических особенностей мест обитания // *Проблемы современной биологии* / МГУ им. М.В. Ломоносова, биологический факультет. Москва, 1987. С. 48–50. (Деп. в ВИНТИ, № 66252 – В 87). [Petrov A.N., Revkov N.K. Izuchenie respirationnoi i fil'tratsionnoi aktivnostei u dvukh vidov mollyuskov v zavisimosti ot ekologicheskikh osobennostei mest obitaniya // *Problemy sovremennoi biologii*. MGU im. M.V. Lomonosova, biologicheskii fakul'tet. Moscow, 1987, pp. 48–50. (Dep. v VINITI, № 66252 – V 87).]
6. Соловьёва О.В. Восстановление митилидного обрастания гидротехнического сооружения в условиях Севастопольской бухты (Чёрное море) // *Вестник Удмуртского государственного университета. Серия. Биология. Науки о Земле*. 2015. Т. 25, вып. 3. С. 70–76. [Solovyova O.V. Recovery of Mutilidae fouling of hydraulic structures in the Sevastopol Bay (Black Sea). *Bulletin of Udmurt University. Ser. Biology & Earth Sciences*, 2015, vol. 25, iss. 3, pp. 70–76. (in Russ.)]
7. Ackerman J.D., Nishizaki M.T. The effect of velocity on the suspension feeding and growth of the marine mussels *Mytilus trossulus* and *M. californianus*: implications for niche separation. *Journal of Marine Systems*, 2004, vol. 49, iss. 1–4, pp. 195–207.
8. LeBlanc N., Landry T., Davidson J., Tremblay R., McNiven M. The Effect of Elevated Water Temperature Stress on the Mussel *Mytilus edulis* (L.) Survival and Genetic Characteristics. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2900, 2010, 19 p.

Поступила 21 декабря 2015 г.

#### **Mussel fouling of the technical construction in the inner part of the Sevastopol Bay (the Black Sea).**

**O. V. Solovyeva.** The research of the fouling on the water intake pipe of Sevastopol heat and power station is able to get more information to plan replacement of artificial objects in the Sevastopol bay, taking into account their potential biopositive properties. The mytilids fouling on the metal pipe was presented only by mussels. The abundance of mollusks varied with depth and, in dependence of the water exchange. On the inside of the construction the mussels quantity was 448 ind.·m<sup>-2</sup>, and biomass 948 g·m<sup>-2</sup>. On the outer surface at the lower horizon the number was 352 ind.·m<sup>-2</sup> and biomass 4627 g·m<sup>-2</sup>, and 224 ind.·m<sup>-2</sup> and 1890 g·m<sup>-2</sup> at surface horizon. The biofilter capacity reaches the minimum values the inside of pipe - 463 l·day<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>. On the outer surface of the structure at the top its value was 555 l·day<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup> and on the deep part 1574 – l·day<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>. It is shown that even in the inner regions of the Sevastopol Bay (where documented elevated levels of pollutants and the intensification of the self-purification processes is urgent) the abundance of mytilids fouling is raising with depth. This leads to a more effective biofilters. Comparing of mussel fouling on the inner and outer parts of the water intake pipe shows that already at 0.5 m from of its tip habitat conditions for mussels significantly worse than on the surface, which is washed by the bay waters. As a result, the biomass of molluscs and as a consequence the filtration capacity of the settlement is reduced. On this basis, the design of biopositive constructions must take into account that in the case of a vertical orientation, the depth of the niches should be small enough to allow good water exchange inside it to be sufficient to create the most comfortable living conditions for shellfish filter-feeders.

**Keywords:** biopositive constructions, artificial substrate, mussels, biofilter, Sevastopol bay, Black Sea