



УДК 593.17 (262.5)

Л. А. Попова, вед. инж.

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

ЦИЛИОПЕРИФИТОН ИСКУССТВЕННЫХ СУБСТРАТОВ В АКВАТОРИЯХ С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ ЗАГРЯЗНЁННОСТИ НЕФТЯНЫМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ (СЕВАСТОПОЛЬ, ЧЁРНОЕ МОРЕ)

Рассмотрена динамика численности наиболее часто встречающихся свободноживущих подвижных цилиат, заселявших стеклянные пластины в период с апреля по ноябрь 2008 г. в акваториях, подверженных хроническому нефтяному загрязнению (Севастополь, юго-западное побережье Крымского п-ова, Чёрное море).

Ключевые слова: цилиоперифитон, искусственные субстраты, нефтяное загрязнение, Чёрное море

Изучение перифитона при биологическом анализе морских экосистем имеет большое значение в связи с тем, что организмы, его составляющие, характеризуют условия именно данного пункта, а не занесены случайно из других мест. Характер биоценозов обрастания в определённом пункте водоёма позволяет судить о загрязнении воды за определённый промежуток времени, предшествующий исследованию, т. к. колонизация морских субстратов осуществляется в несколько этапов, и каждый из них характеризуется организмами, стимулирующими развитие последующих стадий заселения [3, 12, 14, 16].

Влияние нефтяного загрязнения на черноморских свободноживущих подвижных инфузорий ранее изучалось только в условиях лабораторного эксперимента [9, 10]. С другой стороны, исследования касались вопросов таксономии цилиоперифитона в процессе колонизации субстрата без учёта нефтяного загрязнения [2, 4, 5], либо же это значение рассматривалось в качестве регулирующего фактора только для бентосных инфузорий [1].

Цель нашей работы: сравнить характеристики цилиоперифитона однотипных субстратов, размещённых в акваториях, подверженных хроническому нефтяному загрязнению, и оценить влияние нефтяного загрязнения на процесс колонизации цилиатами субстрата (стеклянных пластин). Исследования выполнялись в бухтах Стрелецкая и Клеопина (Нефтегавань) (Севастополь), где на протяжении многих лет отрабатываются методы санитарно-

биологических исследований [8]. В последней более столетия располагается база ГСМ Черноморского флота, поэтому она более известна, как Нефтегавань. Обе акватории характеризуются сильным нефтяным загрязнением [11], так как активно используются для судоходства (малый рыболовецкий флот в б. Стрелецкая и перевозчики нефти в Нефтегавани).

Материал и методы. В 2008 г. с апреля по ноябрь ежемесячно в Стрелецкой бухте и Нефтегавани (рис. 1) на глубину 2 м от поверхности воды подвешивали экспериментальные установки, состоящие из 10 стеклянных пластин, закреплённых деревянными штативами и защищённых снаружи сеткой. Установки закрепляли на причальной бочке в б. Стрелецкая (С) и на сваях нефтеналивного причала в Нефтегавани (НГ). Через месяц их медленно поднимали, у поверхности в толще воды помещали в пластиковую ёмкость, в которой и транспортировали в лабораторию. При снятии установок на этом же месте отбирали воду для определения концентрации НУ в (мг л^{-1}) и измеряли её температуру. Несколько установок было потеряно, в результате чего вместо 9 измерений численности и видового состава инфузорий для каждой акватории осталось только 6. Количество инфузорий подсчитывали на 10 полях каждой пластины [13], с последующим пересчётом на 1 м^2 . Таксономическую принадлежность цилиат определяли на живом материале по [15].

Концентрации НУ в морской воде определяли по [7].

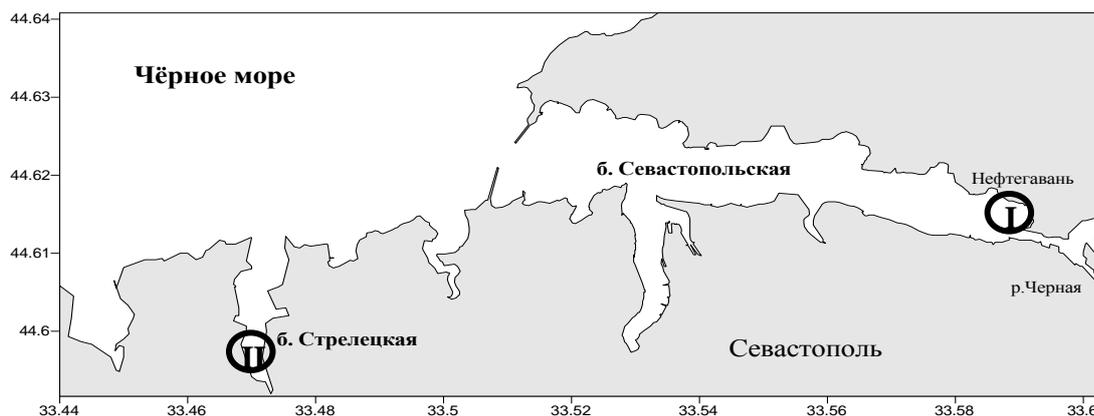


Рис. 1 Расположение полигонов Нефтегавань (I) и в б. Стрелецкая (II)
Fig. 1 Location of grounds Oil Harbor (I) and Streletskaia Bay (II)

Результаты и обсуждение. За исследуемый период в обрастании стёкол обнаруживали от 4 до 9 видов цилиат (рис. 2).

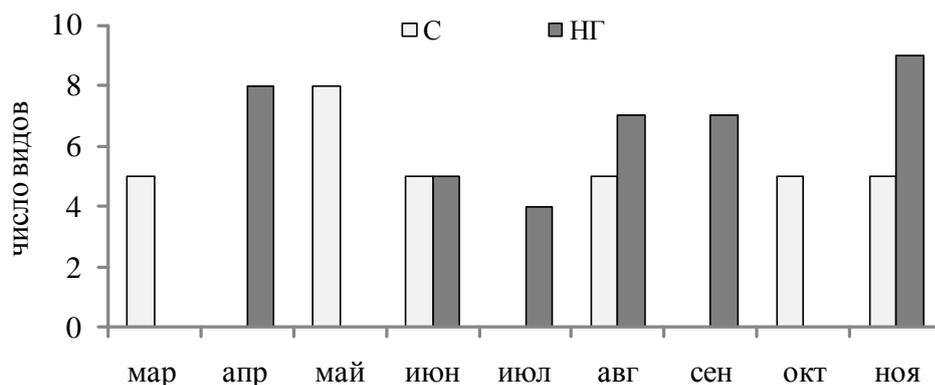


Рис. 2 Число видов перифитонных инфузорий на стеклянных пластинах (С – бухта Стрелецкая, НГ – Нефтегавань)
Fig. 2 Number of species of ciliates in periphyton on glass plates (С – Streletskaia Bay, НГ – Oil Harbor)

В перифитоне Стрелецкой бухты наибольшее число видов (8) зарегистрировано в мае. В Нефтегавани максимальное число видов (9) отмечено в ноябре, минимальное (4) – в июле. На обоих полигонах большее видовое разнообразие цилиат наблюдалось при температуре морской воды 11 – 16 °С, и уменьшалось с её повышением.

В 83.3 % проб на каждом полигоне встречался *Paramecium* sp., доминируя по численности как в обоих участках. В бухте его доля в общей численности цилиоперифитона составляла в среднем 34.3 %, возрастая от 12.2 % (май) до 65.5 – 66.2 % (июнь – июль). В Нефтегавани средняя численность *Paramecium* sp. составляла 51.5 % от общей, изменяясь от 21.3 % (сентябрь) до 93.3 % (август).

В Нефтегавани в пробах постоянно отмечали *Uronema marinum* (в среднем 12.5 % от общей численности), *Prorodon* sp. (9.3 %), *Litonotus* sp. (7.6 %). *Euplotes crassus* нашли в 5 пробах из 6, его доля в цилиоперифитоне была незначительной – в среднем 6.4 % (0.8 % в августе и 12.8 % в сентябре). Остальные виды встречались реже: так, *Strombidium* sp. находили только ранней весной и поздней осенью.

U. marinum обнаружен во всех пробах цилиоперифитона Стрелецкой бухты; средняя относительная численность 25.7 % (11.9 % в начале весны и 51.7 % в ноябре). Кроме данного вида, в полевых установках всегда встречали *Litonotus* sp. (13.6 % в среднем; с максимумом в мае – 19.5 % и снижением относительной численности до 9.8 – 10.8 % в июне – июле) и

Prorodon sp. (8.3 % в среднем; в летний период – менее 3.0 %, в октябре – до 18.0 %).

Наибольшая плотность цилиат в перифитоне Нефтегавани отмечена в августе – 280.5 тыс. экз./м², наименьшая – 16.0 тыс. экз./м² – в

апреле. В б. Стрелецкая максимальная активность заселения инфузориями субстрата отмечена в октябре – около 66.1 тыс. экз./м², минимальная в ноябре – 14.5 тыс. экз./м² (рис. 3).

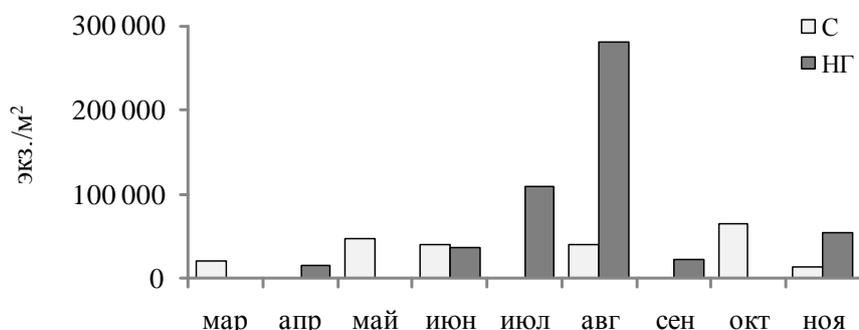


Рис. 3 Максимальная плотность цилиоперифитона на стеклянных пластинах (С – бухта Стрелецкая, НГ – Нефтегавань) Fig. 3 The maximal density of cilioperiphyton abundance on the glass plates (C – Streletskaya Bay, NG – Oil Harbor)

Прослежены изменения активности заселения инфузориями стеклянных пластин по градиенту температуры морской воды на обоих

полигонах (рис. 4): в Нефтегавани температура изменялась от 11 до 25°С, в б. Стрелецкой – от 11 до 24°С.

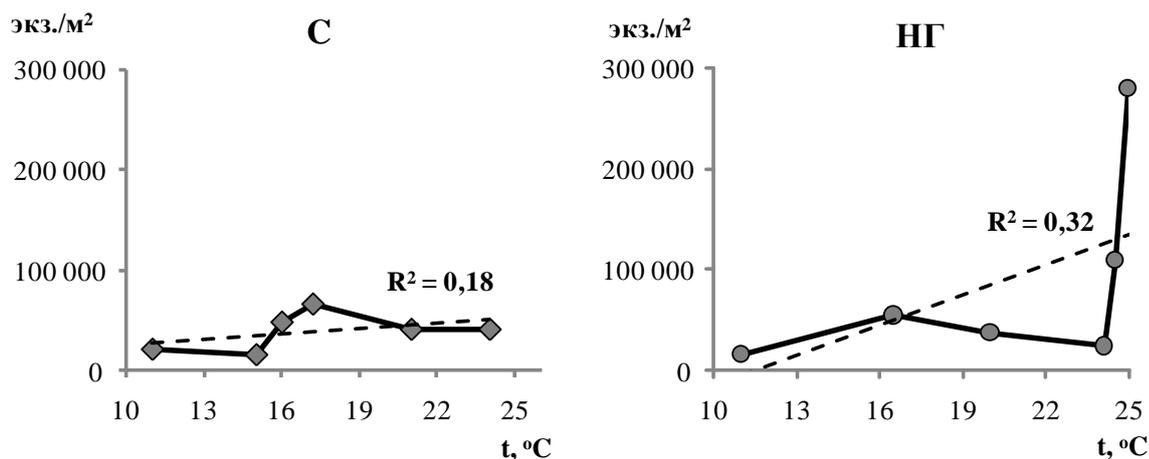


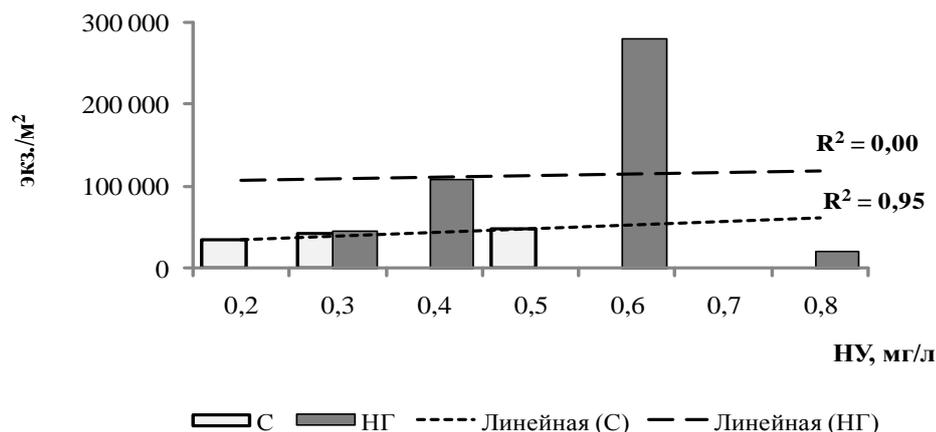
Рис. 4 Изменение плотности инфузорий перифитона по градиенту температуры морской воды (С – бухта Стрелецкая, НГ – Нефтегавань)

Fig. 4 Dynamics of cilioperiphyton abundance to gradient temperature of sea water (C – Streletskaya Bay, NG – Oil Harbor)

В б. Стрелецкая при повышении температуры морской воды наблюдали слабую положительную тенденцию увеличения интенсивности колонизации стеклянных пластин перифитонными инфузориями ($r = 0.42$, $n = 6$, $p = 0.95$). В Нефтегавани эта зависимость выражена более отчётливо ($r = 0.56$, $n = 6$, $p = 0.95$).

Параллельно со снятием экспериментальных установок измеряли содержание в

морской воде нефтяных углеводородов. В Нефтегавани этот показатель превышал ПДК (0.05 мг/л [10]) в 67 % случаев, в пробах морской воды из б. Стрелецкой такое значение отмечено только в мае, остальные значения были ниже (рис. 5). Такие концентрации НУ в морской воде практически не влияют на изменение плотности цилиат в перифитоне, обнаруживая слабую положительную тенденцию, что уже



отмечалось ранее для концентраций НУ порядка 0.01 – 0.1 мг/л [1, 13].

Рис. 5 Изменение плотности инфузорий по градиенту концентрации НУ в морской воде

Fig. 5 Changes of periphyton infusoria density according to gradient ON of sea water

Вероятно, за счёт бактериальной деградации [6] в образовавшемся на стеклянных пластинах собственном микрокосме снижается концентрация НУ, не оказывая негативного, что можно было ожидать, влияния на сообщество цилиат, как это происходит в чистых культурах в острых экспериментах [9, 10]. По ряду проведённых нами экспериментов и полевых наблюдений [8] можно сказать, что в целом указанные концентрации НУ практически не оказывают влияния на количественное развитие инфузорий в перифитоне.

В б. Стрелецкая при концентрации НУ 0.05 мг/л (май) отмечено максимальное таксономическое разнообразие – 9 видов, при незначительном преобладании *Tracheloraphis* sp. и *Litonotus* sp. (24.4 и 19.5 %, соответственно). При самых низких концентрациях НУ в морской воде (0.02 мг/л) обнаруживали по 5 видов инфузорий, в осенний период доминировал *U. marinum* (до 51.7 %), ранней весной – *Paramecium* sp. (54.2 %).

В Нефтегавани при минимальной концентрации НУ (0.03 мг л⁻¹) обнаружили максимальное таксономическое разнообразие цилиат – 9 (в ноябре) с доминированием *Paramecium* sp. (37.1 %), субдоминантой *Uronema marinum* (23.2 %). При более высокой концентрации НУ (0.08 мг л⁻¹ в апреле) число видов уменьшилось до 8; преобладали *Prorodon* sp. и *U. marinum* (по 21.9 %), следующими по численности был *Litonotus* sp. (17.8 %). В сентябре при концентрации НУ 0.075 мг л⁻¹ морской воды обнаружено 7 видов с доминированием *Trachelo-*

raphis sp. (25.5 %) и субдоминированием *Paramecium* sp. (21.3 %) и *Litonotus* sp. (19.2 %).

Выводы. В результате проведённых исследований развития инфузориального сообщества на искусственных субстратах можно отметить, что более активная колонизация приурочена к температурам от 17 до 25 °С. Сезонные изменения соотношений массовых видов свободноживущих подвижных цилиат на двух полигонах имели разный характер. В Нефтегавани доминировал *Paramecium* sp. (93.3 %), на установках в б. Стрелецкая преобладал *U. marinum* (35.9 %). На интенсивность колонизации перифитонными инфузориями стеклянных пластин экспериментальных установок обнаруженные в морской воде концентрации НУ (в пределах 0.02 – 0.08 мг л⁻¹) влияли незначительно. Максимальная плотность цилиат отмечена в Нефтегавани при концентрации НУ 0.06, в б. Стрелецкая – при 0.02 мг л⁻¹. Более устойчивыми к повышению концентраций НУ в морской воде были *Paramecium* sp., *Tracheloraphis* sp. и *Litonotus* sp., доля которых в общей численности инфузорий значительна при концентрациях НУ выше ПДК как в Нефтегавани, так и в б. Стрелецкая.

Благодарности. Автор выражает искреннюю признательность сотрудникам отдела морской санитарной гидробиологии И. П. Муравьёвой и Т. О. Мироновой за помощь в определении НУ в морской воде методом инфракрасной спектрометрии.

1. *Биологические аспекты нефтяного загрязнения морской среды* / Под общ. ред. О. Г. Миронова. АН УССР, Ин-т биологии южных морей. – К., Наук. думка, 1988. – 248 с.
2. *Бурковский И. В.* Колонизация стерильного морского песка псаммофильными организмами / Экология свободноживущих морских и пресноводных простейших. – Л. Наука, 1990. – С. 37 – 46.
3. *Горбенко Ю.А.* Экология морских микроорганизмов перифитона. – К.: Наук. думка, 1977. – 249 с.
4. *Далёкая Л. Б.* Прикрепленные инфузории сообщества обрастания на стадии доминирования гидроида *Obelia loveni* // Наук. зап. ТНПУ им. В. Гнатюка / Сер. Биология. - № 4 (27). – 2005. – С. 63.
5. *Жариков В. В.* Участие простейших в обрастании стёкол в Чёрном море // Вест. Лен. ун-та. – 1980. - № 15, вып. 3. – С. 21 – 32.
6. *Миронов О. Г.* Бактериальная трансформация нефтяных углеводородов в прибрежной зоне моря // Морск. экол. журн.л. – 2002. – 1, 1. – С. 56 – 66.
7. *Миронов О. А.* Нефтяные углеводороды на поверхности водорослей-макрофитов гидротехнических сооружений // Экология моря – 2007. – Вып. 77. – С. 56 – 58.
8. *Миронов О. Г.* (ред.) Санитарно-биологические исследования в прибрежной акватории региона Севастополя. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – 192 с.
9. *Миронов О. Г., Авдеева С. У.* Влияние нефтяного загрязнения на развитие некоторых черноморских инфузурий // Биологич. науки. – 1973.- № 5. – С. 19 – 21.
10. *Миронов О. Г., Авдеева С. У.* Развитие сообщества простейших на нефти в морской воде // Биологич. науки. – 1978. - № 10. – С. 48 – 50.
11. *Миронов О. Г., Кирюхина Л. Н., Алёмов С. В.* Санитарно-биологические аспекты экологии севастопольских бухт в XX веке. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – 185 с.
12. *Ошурков В. В.* Сукцессия и структура мелководных сообществ обрастания // Изучение процессов морского обрастания и разработка методов борьбы с ним. – Л.: Зоол. ин-т АН СССР. – 1998. – С. 28 – 36.
13. *Попова Л. А.* Методы и результаты изучения сообщества инфузурий на твердом субстрате // Экология моря. – 2004. – Вып. 66. – С. 88 – 90.
14. *Раилкин А. И.* Процессы колонизации и защита от биообрастания. СПб.: СПбГУ, 1998. – 267 с.
15. *Kahl A.* Ciliata libera et ectocommensalia. - Leipzig. (Tierwelt der Nord- und Ostsee: Lief. 23) – 1933. - 2, с. 3 – S. 146.
16. *Wahl M.* Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling: some basic aspects // Mar. Ecol. Progr. Ser. – 1989. – 58, №1—2. – P. 175 – 189.

*Поступила 05 августа 2010 г.
После доработки 14 февраля 2011 г.*

Ціліоперифітон штучних субстратів в акваторіях з різним рівнем забрудненості нафтовими вуглеводнями (Севастополь, Чорне море). Л. О. Попова. Розглянута динаміка чисельності найбільш розповсюджених видів вільноіснуючих рухливих інфузорій, що заселяли скляні пластини, занурені у морську воду в місцях з хронічним нафтовим забрудненням (Севастополь, південно-західне узбережжя Кримського п-ова, Чорне море) в період з квітня по листопад 2008 г.

Ключові слова: ціліоперифітон, штучні субстрати, нафтове забруднення, Чорне море

Ciliaperiphyton on artificial substrates in water areas with various degree of impurity oil hydrocarbons (Sevastopol, the Black Sea). L. A. Popova. Are considered dynamics of number of most often meeting kings free live, mobile ciliates, lived on the glass plates are immersed in sea water in the field of chronic oil pollution (the coastal water of the southwestern Crimea, the Black Sea) in the period from April till November 2008 at various concentrations of oil hydrocarbons in seawater.

Key words: ciliaperiphyton, settling processes on artificial substrates, interaction with oil pollution, Black Sea