

УДК 547.912:582.6/.9(262.5)

О. А. Миронов

**НАКОПЛЕНИЕ НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ
МОРСКИМИ ОРГАНИЗМАМИ СООБЩЕСТВА
ZOSTERA NOLTII В БУХТЕ КАЗАЧЬЕЙ (ЧЁРНОЕ
МОРЕ)**

Впервые получены данные по содержанию нефтяных углеводородов (НУ) в гидробионтах зарослей морской травы *Zostera noltii* относительно чистой акватории юго-западного побережья Крыма. Установлено, что средние значения концентрации НУ в *Z. noltii* и микроперифитоне, покрывающем её, достаточно близкие: соответственно $0,56 \pm 0,12$ и $0,62 \pm 0,15$ мг/100 мг. Не отмечено существенной разницы между количеством НУ в моллюсках — фитофагах (*Rissoa membranacea* (J. Adams), *Bittium reticulatum* (da Costa), *Tricolia pullus* (L.)) и фильтраторов (Mytilidae, *Parvicardium exiguum* (Gmelin)). Полученные данные могут быть использованы как для экомониторинга, так и для изучения биопотоков НУ в прибрежной зоне.

Ключевые слова: нефтяные углеводороды, морские травы, микроперифитон, моллюски.

Вопросы взаимодействия морской биоты с нефтяным загрязнением, в частности накопление НУ гидробионтами, изучаются многие десятилетия. Такие работы на Чёрном море шли в двух направлениях. В первом случае при разработке систем биологической очистки морской воды изучался моллюск-фильтратор *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck). Второе направление — исследование гидробионтов, представляющих интерес как продукты питания, и накопления в них полиароматических углеводородов, обладающих, в частности, канцерогенными свойствами [7, 9, 10]. В то же время данные по содержанию нефтяных углеводородов в других группах морских гидробионтов, входящих в пищевую цепь массовых представителей черноморской фауны, практически отсутствуют. При этом следует подчеркнуть, что упомянутые выше исследования проводились в естественных и лабораторных условиях с концентрацией нефти и нефтепродуктов, в разы превышающей предельно допустимую.

Целью настоящей работы было изучение накопления НУ морскими организмами, обитающими в акватории с низким уровнем нефтяного загрязнения.

© О. А. Миронов, 2014

Материал и методика исследований. В качестве района исследований была выбрана бух. Казачья, наименее загрязнённая из системы Севастопольских бухт [8]. Объектами исследований являлись массовые моллюски зарослей морской травы *Z. noltii*, а также листья самого макрофита и микроперифитон, покрывающий их и состоящий в основном из диатомовых водорослей. Микроперифитон является основным источником питания брюхоногих моллюсков (*R. membranacea*, *B. reticulatum*, *T. pullus*), обитающих на зостере. Кроме брюхоногих, исследовались и некоторые двустворчатые моллюски, встречающиеся на листьях травы, — *Mytilidae* и *Parvicardium exiguum*. Наиболее массовым был *R. membranacea*, у которого НУ определяли и в продуктах метаболизма — фекалиях.

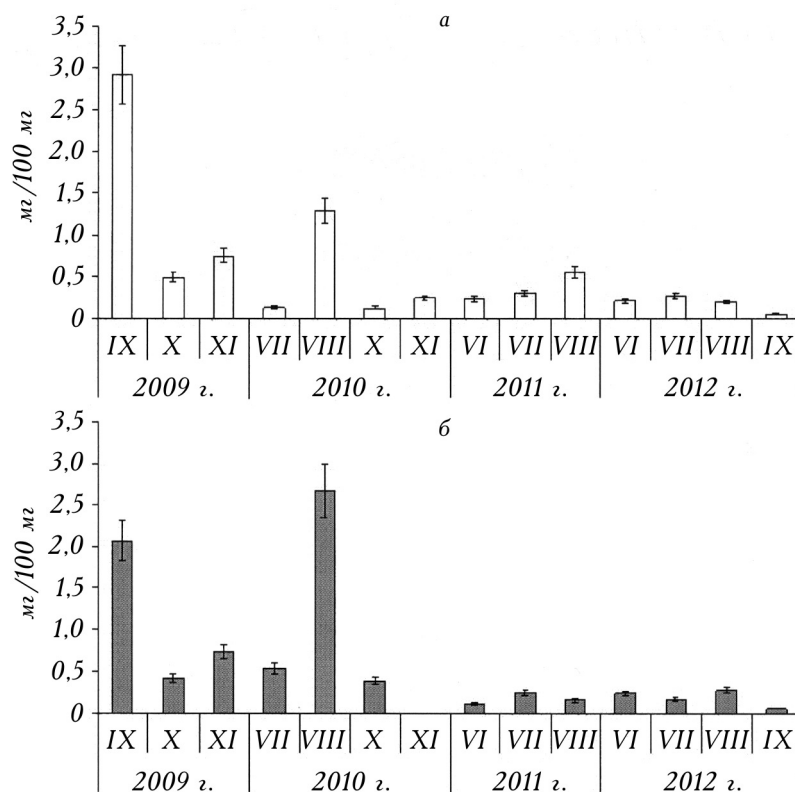
Материал собирали в тёплое время 2009—2012 гг. (температура морской воды в пределах 22—27°C), а также в октябре — ноябре 2009 и 2010 гг. на глубине 0,5—1 м. Макрофиты доставляли в лабораторию, помещали в эмалированную кювету, где пинцетом отбирали моллюсков. Как показали предварительные исследования, для химического анализа достаточно 10—30 экз. животных в зависимости от размера. Собранные моллюски и свободные от них листья *Z. noltii* (100 г) высушивали в сушильном шкафу при температуре 100°C. Микроперифитон с листьев (100 г) смывали тщательным перемешиванием стеклянной палочкой в стакане с дистиллированной водой в течение 10 минут. Смыв отстаивали в течение суток, концентрировали и высушивали при комнатной температуре под вентилятором. Высушенные образцы (листья зостеры, перифитон и моллюски) растирали в фарфоровой ступке и хранили в эксикаторе. Из высушенных образцов брали навески массой 20 мг, помещали в центрифужные пробирки, заливали смесью хлороформа и этанола в соотношении 2 : 1 и центрифугировали в течение 10 мин при 10^3 об·мин⁻¹. Операцию повторяли несколько раз до получения бесцветного экстракта. Экстракты каждого образца объединяли и высушивали при комнатной температуре.

Для получения фекалий моллюсков в количестве 200 экз. помещали на мельничный газ № 120 в кристаллизатор с профильтрованной морской водой. Фекалии проходили через мельничный газ и оседали на дне. Через 3 сут воду из кристаллизатора профильтровывали через предварительно прокаленный и взвешенный стекловолоконный фильтр. Массу фекалий определяли по разности массы фильтров. Фильтр с фекалиями разрезали на части, помещали в центрифужные пробирки и обрабатывали, как и другие образцы.

Из высушенных проб НУ экстрагировали четыреххлористым углеродом, экстракт пропускали через колонку с окисью алюминия, в элюате которого определяли количество НУ методом инфракрасной спектроскопии на ИК-Фурье спектрофотометре (длина волны 2700—3100 см⁻¹).

Результаты исследований и их обсуждение

Значения концентрации НУ в *Z. noltii* и микроперифитоне, покрывающем её, достаточно близки (коэффициент корреляции 0,79), хотя в последнем они были немного выше. Так, средняя концентрация НУ за весь период

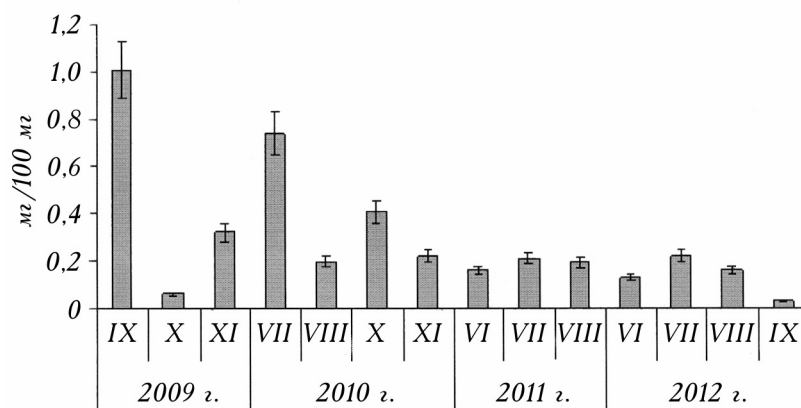


1. Содержание нефтяных углеводородов в *Z. noltii* (а) и покрывающем её микроперифитоне (б).

наблюдения составила в *Z. noltii* $0,56 \pm 0,12$, а в микроперифитоне — $0,62 \pm 0,15$ мг/100 мг (рис. 1).

Ранее проведённые исследования другого макрофита *Cystoseira barbata* (Good. et Wood), создающего заросли у побережья Крыма, дали аналогичные результаты [6]. Это можно объяснить тем, что сами макрофиты, в частности *C. barbata* и *Z. noltii*, являются нейтральным субстратом, не отличающимся от их искусственных (полиэтиленовых) имитаций [5]. Это обстоятельство приводит к одинаковой интенсивности поселения на них микроводорослей. В то же время известно, что водные растения и микроводоросли в частности играют большую роль в жизни водоёма [4]. Следует отметить, что первичная слизистая плёнка (начальный этап обрастания), состоящая в основном из бактерий и микроводорослей, прочно прикрепляется к подводному объекту — макрофитам [3]. В связи с этим можно полагать, что при смыве микроперифитона его некоторое количество остаётся на поверхности, именно эта часть даёт основной вклад в содержание НУ в макрофитах, что не противоречит данным об их химическом составе [1].

Из моллюсков, обитающих на *Z. noltii*, исследовались фитофаги — *R. membranacea*, *B. reticulatum*, *T. pullus* и фильтраторы — Mutilidae и *P. exiguum*. Среднее содержание НУ в этих моллюсках составило соответственно



2. Динамика содержания нефтяных углеводородов в *R. membranacea*.

0,29 ± 0,05, 0,26 ± 0,05, 0,24 ± 0,03, 0,20 ± 0,04 и 0,22 ± 0,03 мг/100 мг. Таким образом, эти значения достаточно близки (в большинстве случаев в пределах ошибки среднего), достоверной разницы между ними по критерию Стьюдента не обнаружено. Как указывалось выше, наиболее массовым представителем моллюсков, обитающих на *Z. noltii*, был *R. membranacea*. С 2009 по 2012 г. отмечена тенденция к уменьшению в нём содержания НУ (рис. 2).

Среднее содержание НУ в моллюсках ниже, чем в *Z. noltii* и микроперифитоне. Это можно объяснить в первую очередь тем, что моллюски анализировались вместе с раковинной. Известно, что НУ в гидробионтах концентрируются в тканях, содержащих жир. В связи с этим можно предположить, что большее количество жира в диатомеях способствует и большему накоплению в них НУ [2].

С целью проследить микропоток загрязнителя от моллюска к продуктам его метаболизма нами было определено содержание НУ в фекалиях *R. membranacea*. Наибольшие значения зарегистрированы в сентябре 2009 и 2010 гг. (соответственно 2,28 ± 0,06 и 2,33 ± 0,01 мг/100 мг). Прослеживалась тенденция к уменьшению содержания НУ от летних месяцев к осенним. В пересчете на 100 мг вещества содержание НУ в фекалиях было больше, чем в самом моллюске.

Заключение

Впервые получены данные по содержанию нефтяных углеводородов в организмах зарослей *Z. noltii*, вегетирующих на акватории юго-западной оконечности Крыма, характеризующейся их низкой концентрацией. В период вегетации макрофита, при температуре морской воды в пределах 22—27°C, содержание НУ в нём составляло 0,56 ± 0,12, а в покрывающем его листья микроперифитоне — 0,62 ± 0,15 мг/100 мг.

Среднее содержание НУ в массовом моллюске *R. membranacea*, обитающем в зарослях zostеры, составило $0,29 \pm 0,05$ мг/100 мг, в других моллюсках, обнаруженных на *Z. noltii*, оно было равно: у *B. reticulatum* — $0,26 \pm 0,05$, *T. pullus* — $0,24 \pm 0,03$, *Mytilidae* — $0,20 \pm 0,04$, *P. exiguum* — $0,22 \pm 0,03$ мг/100мг.

**

Вперше отримано дані про вміст нафтових вуглеводнів (НВ) у гідробіонтах заростей морської трави Z. noltii, що мешкають у відносно чистій акваторії південно-західного узбережжя Криму. Встановлено, що середні значення концентрації НВ у Z. noltii і мікроперифітоні, що вживає її, близькі. Істотної різниці між вмістом НВ у моллюсках — фітофагах і фільтраторах не відмічено. Отримані дані можуть бути використані як для екомоніторингу, так і для вивчення біопотоков НВ у прибережній зоні.

**

Paper deals with data on the contents of oil hydrocarbons in hydrobionts, inhabiting vegetations of the sea grass Zostera noltii (Hornemann) in the relatively clean waters of the south-west coast of the Crimea. Average content of oil hydrocarbons in Z. noltii. and microphytoperiphyton was very close. There was no significant difference between content of oil hydrocarbons in the plant-eating and filterers mollusks. The data obtained can be used for environmental monitoring and for the study of oil hydrocarbons coastal biofluxes.

**

1. Барашков Г.К. Химия водорослей. — М.: Изд-во АН СССР, 1963. — 143 с.
2. Влияние нефти и нефтепродуктов на морские организмы и их сообщества / Под ред. О.Г. Миронова // Проблемы химического загрязнения вод Мирового океана. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — Т. 4. — 136 с.
3. Горбенко Ю.А. Экология морских организмов перифитона. — Киев: Наук. думка, 1977. — 252 с.
4. Курпенко Н.И., Усенко О.М. Влияние высших водных растений на микроводоросли (обзор) // Гидробиол. журн. — 2012. — Т. 48, № 6. — С. 64—88.
5. Маккавеева Е.Б. Беспозвоночные зарослей макрофитов Черного моря. — Киев: Наук. думка, 1979. — 227 с.
6. Миронов О.А. Нефтяные углеводороды на поверхности водорослей-макрофитов гидротехнических сооружений // Экология моря. — 2007. — Вып. 74. — С. 56—58.
7. Миронов О.Г. Биоресурсы Черного моря и нефтяное загрязнение // Промысловые биоресурсы Черного и Азовского морей. — Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. — С. 353—364.
8. Миронов О.Г., Кирюхина Л.Н., Алемов С.В. Санитарно-биологические аспекты экологии севастопольских бухт в XX веке. — Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. — 185 с.
9. Mironov O.G., Shchekaturina T.L., Alemov S.V., Osadchaya T.S. Perspective of using of marine polluted water cleaning hydrobiological method for sanitati-

- on and improvement of coastal aquatoria state // Oil spills in the Mediterranean and Black Sea regions: II Intern. conf. — Istanbul, 2000. — P. 187—195.
10. *Shchekaturina T.L., Khesina A.I., Mironov O.G.* Polycyclic hydrocarbons in mussels from Black Sea // Mar. Pollut. Bull. — 1995. — Vol. 30, N 1. — P. 38—40.

Институт биологии южных морей
НАН Украины, Севастополь

Поступила 29.10.13