

**УДК [628.193:665.61+577.115]:582.272(262.5)**

## **СОДЕРЖАНИЕ ЛИПИДОВ И НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ В БЕРЕГОВЫХ ВЫБРОСАХ ЦИСТОЗИРЫ СЕВАСТОПОЛЬСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ**

*Миронов О. А., Муравьева И. П.*

*ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН»,  
Севастополь, Россия  
E-mail: mironov87@gmail.com*

Проведено изучение содержания липидов и нефтяных углеводородов цистоziры береговых выбросов севаcтопольского побережья. Отмечено значительно большее содержание нефтяных углеводородов в береговых выбросах закрытой бухты по сравнению с открытым берегом. Подтверждена возможная роль береговых выбросов макрофитов во вторичном загрязнении прибрежных морских акваторий.

**Ключевые слова:** липиды, нефтяные углеводороды, побережье, береговые выбросы макрофитов.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Прибрежная мелководная акватория с одной стороны является важной рекреационной зоной, а с другой – здесь происходит концентрация загрязняющих веществ, в том числе нефтепродуктов, поступающих как со стороны моря, так и с берега. В последнем случае основное количество загрязнений попадает с ливневыми и тальми водами, смывающими загрязнения с прилегающей территории [1].

Проведенные ранее исследования дали новые данные о накоплении, выведении и трансформации углеводородов нефти (НУ) в прибрежных сообществах макрофитов и показали важность морской биоты в микропотоках углеводородов в мелководной зоне моря [2].

В непосредственной близости от контактной зоны «суша-море» происходит концентрация береговых (штормовых) выбросов, состоящих в основном из макрофитов. В севаcтопольском регионе в первую очередь это выбросы бурой водоросли *Cystoseira barbata* С. Agardh, 1820. Последние могут являться источником вторичного загрязнения морской воды [3, 4]. В прибрежной акватории Севастополя было отмечено снижение уровня нефтяного загрязнения морской воды [5], однако небольшие концентрации соединений липидно-углеводородной природы могут попадать в морскую воду при разложении макрофитов, выброшенных на берег. Нефтяные углеводороды накапливаются в богатых жиром тканях гидробионтов, а в последних в результате нефтяной интоксикации происходит жировое перерождение [6]. Полученные нами первые данные по содержанию липидов и углеводов в береговых выбросах черноморской цистоziры касались общих липидов и суммы углеводов [7]. Однако известно, что в этом комплексе играют значительную роль некоторые отдельные химические соединения. Так, в

углеводородном составе гидробионтов присутствуют канцерогенные соединения [8], а в состав липидов входят, например, такие значимые в биологическом отношении вещества, как карбоновые кислоты, и в первую очередь, жирные кислоты, играющие большую роль в физиолого-биохимических процессах организма, которые могут преобразовываться в углеводороды [9]. На данном этапе исследований мы попытались определить количество липидов и нефтяных углеводородов в береговых выбросах цистозеры, которые могут быть источником вторичного загрязнения морской среды.

Этому предшествовали многолетние работы по углеводородному составу макрофитов, произрастающих в прибрежной акватории Севастополя [2]. На этом же берегу собирались выбросы. Более конкретно эти точки указаны на рис. 1.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор проб проводился ежемесячно с января по декабрь 2017 г. на двух станциях (рис. 1).



Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб.  
1 – Бухта Круглая, 2 – Парк Победы.

Станция 1 располагалась в вершине б. Круглой на песчаном берегу, а станция 2 – на открытом галечном пляже парка Победы.

Береговые выбросы представлены макрофитами и находящимся на них микроперифитомом. Береговые выбросы цистозеры, собранные на линии уреза, помещались в полиэтиленовые пакеты и доставлялись в лабораторию. 100 г макрофитов помещали в химический стакан, заливали дистиллированной водой и интенсивно перемешивали стеклянной палочкой в течение 10 минут для смыва микроперифитона. Полученную взвесь фильтровали через мельничный газ № 55. Смыв сутки отстаивали, затем осторожно сливали надосадочную воду, а осадок высушивали в токе тёплого воздуха. Параллельно отмытые талломы водорослей (приблизительно 10 г) высушивали при температуре 105° С, затем растирали в фарфоровой ступке до порошкообразного состояния. Для анализа брали навески по 100 мг сухого веса образцов микроперифитона и макрофитов в трёх повторностях, которые помещали в центрифужные пробирки и проводили трёхкратную экстракцию

смесью хлороформ – этанол (2:1). Собранные экстракты чистили по методу Фолча [10] дистиллированной водой. Липиды определяли по цветной реакции с фосфо-ванилиновым реактивом с последующим денситометрированием [11], нефтяные углеводороды гравиметрическим методом после пропускания пробы через колонку с окисью алюминия [12]. Пробы для определения нефтепродуктов получали путем гексановой экстракции из высушенного хлороформенного экстракта.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 2 представлена сезонная динамика и среднегодовые величины содержания общих липидов и НУ (мг/100 мг сухого веса) в цистозире береговых выбросов б. Круглой и парка Победы.

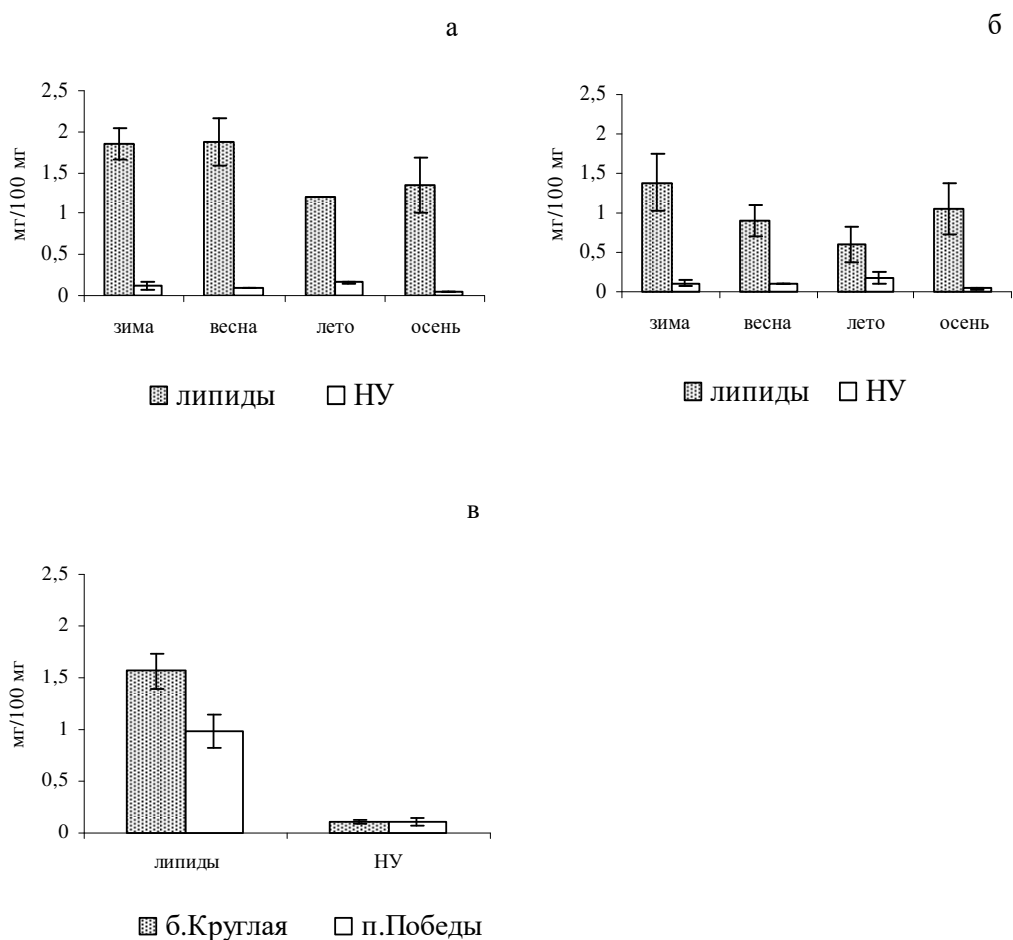


Рис. 2. Динамика и среднегодовые величины содержания липидов и нефтяных углеводородов в цистозире береговых выбросов б. Круглая (а), парка Победы (б), среднегодовые данные (в).

При сравнении среднегодовых данных по двум акваториям отмечено достоверное превышение общих липидов в б. Круглой по сравнению с парком Победы, а уровни НУ в цистозире из двух бухт были практически одинаковы, что также наблюдалось и в 2016 г. [7].

На рис. 3 представлена сезонная динамика и среднегодовые величины содержания общих липидов и НУ (мг/100 мг сухого веса) в микроперифитоне береговых выбросов б. Круглой и парка Победы.

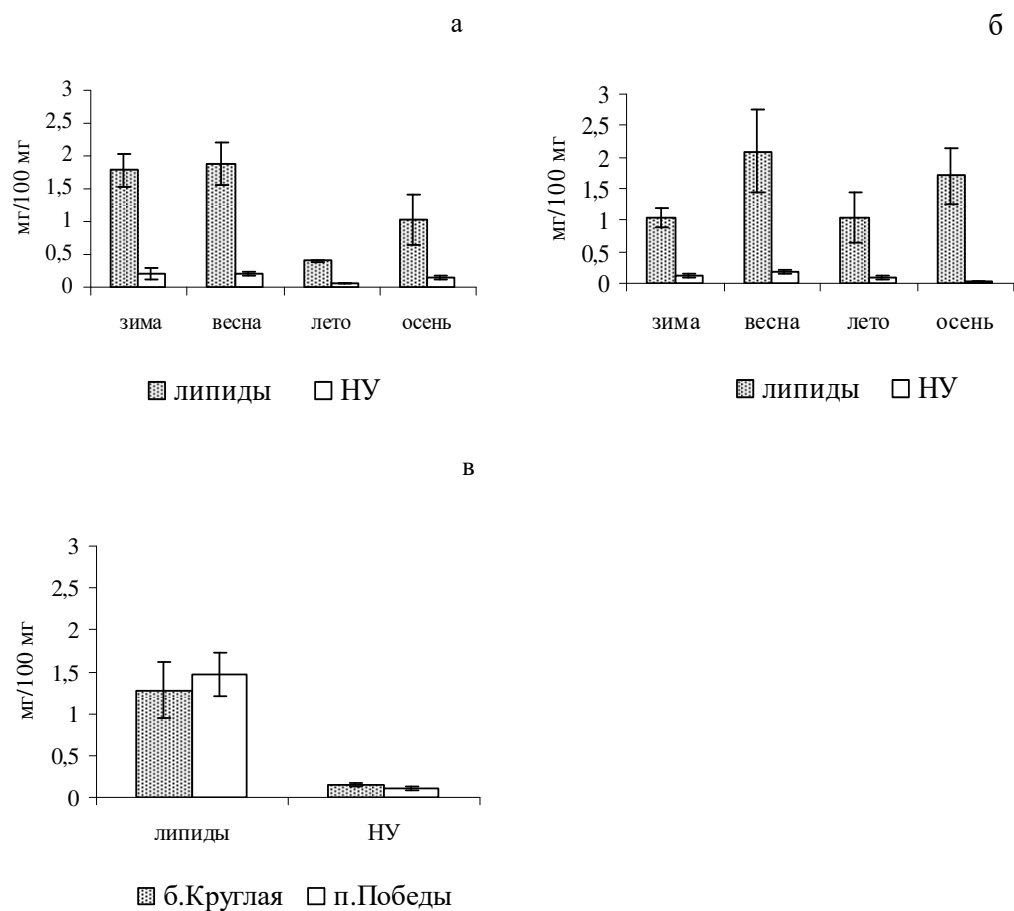


Рис. 3. Динамика и среднегодовые величины содержания липидов и нефтяных углеводов в микроперифитоне береговых выбросов б. Круглая (а), парка Победы (б), среднегодовые данные (в).

Достоверных различий в среднегодовом содержании липидов в микроперифитоне береговых выбросов из двух бухт не обнаружено, а количество НУ в б. Круглая в 1,5 раза превышало таковое в п. Победы.

Как было отмечено ранее, б. Круглая отличается более высокой степенью загрязнённости, особенно вершинной части, что может быть связано с её закрытостью и более интенсивной антропогенной нагрузкой [7]. Так со 100 г сырого веса цистозеры береговых выбросов в б. Круглая в среднем было получено  $0,915 \pm 0,08$  г сухого веса микроперифитона, а в п. Победы  $0,346 \pm 0,05$  г сухого веса. В пересчёте на 1 кг сырого веса береговых выбросов в б. Круглая в микроперифитоне в среднем содержится  $16,6 \pm 4,1$  мг нефтяных углеводородов, а в п. Победы  $4,4 \pm 0,8$  мг НУ.

Приведенные выше данные дают информацию о содержании общих липидов и нефтяных углеводородов в береговых выбросах цистозеры.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые получены данные по липидно-углеводородному составу цистозеры в береговых выбросах. Отмечено значительно большее содержание нефтяных углеводородов в береговых выбросах в б. Круглая по сравнению с открытым берегом п. Победы. Таким образом, береговые выбросы макрофитов могут быть источником вторичного загрязнения морской среды углеводородами, что вызывает необходимость периодического очищения берега от них.

*Работа выполнена в рамках государственных заданий: ФГБУН ИМБИ «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем» (№ АААА-А18-118020890090-2.)*

### Список литературы

1. Миронов О. Г. Состав органических компонентов ливневых стоков в районе г. Севастополя. Материалы международной конференции «Оценка расположения на суше источников загрязнения морей, омывающих государства СНГ». / Миронов О. Г. – Севастополь, ЭКОСИ-Гидрофизика, 1992. – С. 81–84
2. Миронов О. А. Нефтяные углеводороды в массовых организмах зарослевых сообществ прибрежной зоны Севастополя (Чёрное море) : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.10. / Миронов О. А. – Севастополь, 2014. – 24 с.
3. Блинова Е. И. Штормовые выбросы макрофитов. Условия формирования и влияние на экологическое состояние моря (на примере Анапской бухты, Чёрное море) / Блинова Е. И., Сабурин М. Ю. // Труды ВНИРО. – 2005. – Т. 144. – С. 286–293.
4. Жильцова Л. В. Штормовые выбросы макрофитов в Приморье: источник загрязнения моря или полезное сырьё? / Жильцова Л. В. // Вестник Морского государственного университета. Серия: Теория и практика защиты моря. Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2011. – Вып. 48/2011. – С. 7–12.
5. Миронов О. Г. Нефтяные углеводороды в морской воде прибрежных акваторий г. Севастополя. / Миронов О. Г., Миронов О. А. // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2015. – № 9. – С. 25–29.
6. Миронов О. Г. Взаимодействие морских организмов с нефтяными углеводородами. / Миронов О. Г. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 128 с.
7. Миронов О. А. Нефтяные углеводороды и общие липиды в береговых выбросах *Cystoseira barbata* (Stack.) С. Agardh в прибрежной зоне Севастополя (Черное море). / Миронов О. А., Муравьева И. П. // Морской биологический журнал. – 2017. – Т. 2., № 2. – С. 49 – 54.

8. Schekaturina T.L. Carcinogenic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Mussels from the Black Sea. / Schekaturina T.L., Khesina A.L., Mironov O.G. Krivosheeva L.G. // Marine Pol. Bul. – 1995 – Vol. 30, №1. – P. 38–40.
9. Sorigué D. An algal photoenzyme converts fatty acids to hydrocarbons / D. Sorigué, B. Légeret, S. Cuiné, S. Blangy, S. Moulin, E. Billon, P. Richaud, S. Brugière, Y. Couté, D. Nurizzo, P. Müller, K. Brettel, D. Pignol, P. Arnoux, Y. Li-Beisson, G. Peltier, F. Beisson // Science. – 2017. – Vol. 357, No 6354. – P. 903–907.
10. Folch J. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. / Folch J., Lees M., Stanley G.H. // J. Biol. Chem. – 1957. – Vol. 226, №1. – P. 497–502.
11. Руководство по современным биохимическим методам исследования водных экосистем, перспективных для промысла и марикультуры / Под ред. А. И. Агатовой – Москва, 2004. – С. 123.
12. Леоненко И. И. Методы определения нефтепродуктов в водах и других объектах окружающей среды (обзор) / И.И. Леоненко, В.П. Антонович, А.М. Андрианов, И.В. Безлуцкая, К.К. Цымбалюк // Методы и объекты химического анализа. – 2010. – Т.5, №2. – С. 58–72.

## THE CONTENT OF LIPIDS AND HYDROCARBONS IN CYSTOSEIRA COASTAL EMISSIONS OF SEVASTOPOL REGION

*Mironov O. A., Muraviova I. P.*

*A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russia  
E-mail: mironov87@gmail.com*

The coastal shallow water area on the one hand is an important recreational zone, and on the other – it accumulates pollutants, including oil hydrocarbons coming from both the sea and the shore. In this case, the main amount of pollution comes from storm water and melt water, washing away pollution from the surrounding area.

Previous studies have provided new data on the accumulation, excretion and transformation of oil hydrocarbons in coastal macrophyte communities and have shown the importance of marine biota in micro flows of hydrocarbons in the shallow sea area. Oil hydrocarbons accumulate in the lipid-rich tissues of hydrobionts, where a fat degeneration can occur as a result of oil intoxication.

Coastal (storm) emissions are concentrating mainly in the direct vicinity of the contact zone "land-sea" and are consisting mainly of macrophytes. A brown algae *Cystoseira barbata* C. Agardh, 1820 makes a major contribution into storm emissions of the Sevastopol region. This emissions latter can be a source of secondary pollution of sea water and the shore by oil hydrocarbons.

The amount of lipids and oil hydrocarbons of cystoseira coastal emissions and microperiphyton from the surface of algae is determined. This work was preceded by multiyear research of the hydrocarbon composition of the macrophytes growing in the coastal waters of Sevastopol.

Microperiphyton was flushed from the surface of cystoseira by intense stirring of the algae in glass with distilled water for 10 minutes. The resulting suspension was filtered and dried in a current of warm air. Lipids were determined by the phospho-vanillin color reaction with further densitometry, and oil hydrocarbons were determined gravimetrically. Samples were taken monthly from January to December 2017 in two stations, one of which was located in the sandy shore and the other one in the pebbled beach.

A significantly higher content of oil hydrocarbons in the coastal emissions of the closed bay compared to the open shore was noted on the background of the general decrease in the oil pollution of the region over the last years. The results obtained may be explained by more intense anthropogenic pressure on the Kruglaya Bay, especially its apical part.

There were no significant differences in the average annual content of lipids in the microperiphyton of coastal emissions from the two bays, and the amount of oil hydrocarbons in Kruglaya Bay was 1.5 times higher than that in Park Pobedy. In recalculation for 1 kg of wet weight the microperiphyton of coastal emissions in Kruglaya Bay contains averagely 4 times more oil hydrocarbons than microperiphyton from Park Pobedy.

The possible role of coastal macrophyte emissions in secondary pollution of coastal marine areas is confirmed, that leads to the necessity of the regular cleansing of the shore from them.

**Keywords:** lipids, hydrocarbons, oil hydrocarbons, coast, coastal macrophyte emissions.

### References

1. Mironov O. G., The composition of the organic components of stormwater runoff in the city of Sevastopol. *Proceedings of the international conference «Assessment of the location on land of pollution sources of the seas washing the CIS countries»* (Sevastopol, 1992), p. 81.
2. Mironov O. A., *Petroleum hydrocarbons in the mass organisms of the spinney communities of Sevastopol coastal area (Black Sea)*, 24 p. (Sevastopol: ECOSY-Hydrophysics, 2014).
3. Blinova E. I., Saburin M. Yu., Macrophyte storm emissions. Formation conditions and the influence on the ecological state of the sea (on the example of the Anapa bay, Black sea). *VNIRO Proceedings*, **144**, 286 (2005).
4. Zhiltsova L. V., Macrophyte storm emissions of the Primorye: a pollution source for the sea or a valuable resource? *Marine State University Herald. Series: Theory and practice of the sea protection*. Vladivostok: Mar. St. Univ., **48**, 7 (2011).
5. Mironov O. G., Mironov O. A., Petroleum hydrocarbons in the sea water of Sevastopol, *Environmental protection in oil and gas complex*, **9**, 25 (2015).
6. Mironov O. G., *Interaction of marine organisms with petroleum hydrocarbons*, 128 p. (L., Gidrometeoizdat, 1985).
7. Mironov O. A., Muraviova I. P., Petroleum hydrocarbons and total lipids in the coastal emissions of *Cystoseira barbata* (Stack.) C. Agardh of Sevastopol shore (Black Sea), *Marine biological journal*, **2** (2), 49 (2017).
8. Schekaturina T. L., Khesina A. L., Mironov O. G., Krivosheeva L. G., Carcinogenic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Mussels from the Black Sea, *Marine Pollution Bulletin*, **30** (1), 38 (1995).
9. Sorigué D., Légeret B., Cuiiné S., Blangy S., Moulin S., Billon E., Richaud P., Brugière S., Couté Y., Nurizzo D., Müller P., Brettel K., Pignol D., Arnoux P., Li-Beisson Y., Peltier G., Beisson F., An algal photoenzyme converts fatty acids to hydrocarbons, *Science*, **357** (6354), 903 (2017).
10. Folch J., Lees M., Stanley G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226** (1), 497 (1957).
11. Agatova A. I. *A guideline for the modern biochemical methods for the study of the aquatic ecosystems perspective for fishing and mariculture*, 123 p. (VNIRO, 2004).
12. Leonenko I. I., Antonovich V. P., Andrianov A. M., Bezlutskaya I. V. Tsimbalyuk K. K. Methods of the petroleum hydrocarbons determination in water and other environmental objects (overview). *Methods and objects of the chemical analysis*, **5** (2), 58 (2010).