

**УДК 574.58:62-757.7:627.25(262.5)**

## **ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЕРИФИТОНА С МАКРООБРАСТАНИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ СЕВАСТОПОЛЯ (ЧЁРНОЕ МОРЕ)**

*Муравьева И.П., Миронова Т.О.*

*ИнБИУМ им. А.О.Ковалевского НАН Украины, Севастополь, Украина  
E-mail: imuraveva@mail.ru*

В статье приведены данные по химическому составу (белок, углеводы, липиды и нефтяные углеводороды) перифитона с макрообрастаний гидротехнических сооружений пляжей бухт Песочной и Казачьей. Химический состав перифитона б. Песочной отличается более высоким содержанием белка и липидно-углеводородного комплекса (в основном за счёт липидов), что может свидетельствовать о более экологически благополучной обстановке на пляже б. Казачьей. Отмечено, что концентрация нефтяных углеводородов в перифитоне обеих бухт примерно одинаковая.

**Ключевые слова:** гидротехнические сооружения, перифитон, белки, липиды, углеводы, нефтяные углеводороды.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Береговая линия прибрежных городов, как правило, занята разнообразными гидротехническими сооружениями, которые являются дополнительным субстратом для поселения морских организмов. Было отмечено, что в условиях хорошего водообмена на искусственных сооружениях поселяются фитоценозы, близкие по составу к природным каменистым субстратам [1].

Существует довольно распространенная точка зрения, что перифитон – это группировка в основном микроскопических организмов [2]. Кроме того, в состав перифитона как физического образования включают органический матрикс (слизь), детрит, неорганические частицы [3, 4]. С участием микроперифитона происходят основные процессы трансформации загрязняющих органических веществ, источниками которых могут быть, например, сточные воды. В прибрежных морских наносах было отмечено, в частности, увеличение концентрации белков, липидов, углеводов в районе периодического сброса бытовых стоков [5]. Известно, что загрязнение морской среды нефтью даже в малых концентрациях может способствовать продуцированию морскими организмами определенных углеводородов (УВ). Некоторые количества УВ образуются в воде или поступают в нее в результате выделений растительными и животными организмами и их посмертного разложения. В результате этого в акваториях, подверженных нефтяному загрязнению, образуются автохтонные УВ “вторично-биогенного” происхождения. Все эти процессы создают современный углеводородный фон,

иногда даже превышающий величину ПДК [6]. В объектах морской среды под действием физических, химических и биологических процессов происходит быстрая трансформация нефтепродуктов [7].

Для изучения органических веществ перифитона были выбраны мелководные пляжи бухт Песочной и Казачьей. Здесь в частности происходит переход органических веществ с береговых естественных и искусственных структур в море. Пляжи Севастополя как часть рекреационной зоны испытывают основную антропогенную нагрузку летом. Пляж «Песочный» имеет песчаное дно с отдельными каменистыми включениями. Здесь также находятся элементы гидротехнических сооружений в виде трубы аварийного канализационного коллектора, закрытой бетонным корпусом и малые пирсы, на стенках которых поселяются организмы обрастаний. В качестве контрольного был выбран пляж б. Казачьей, который имеет илисто-песчаное дно также с отдельными каменистыми включениями. На небольшом (около 20 м) отдалении от берега возвышается фрагмент бетонной стены размером 2х3 м, который мы отнесли к гидротехническим сооружениям.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

С июня по август 2013 г. было отобрано 10 проб перифитона с обрастаний гидротехнических сооружений. Современная классификация водорослей из обрастаний указана по [8, 9, 10]. В отобранных пробах определяли содержание основных классов органических веществ – белков, липидов, углеводов, а также содержание нефтяных углеводородов.

С бетонных стенок гидротехнических сооружений пробы обрастаний отбирались ручным скребком в приповерхностном горизонте 0 – 0,3 м. В лаборатории для получения микроперифитона помещали по 100 г сырой массы обрастаний в химический стакан, заливали дистиллированной водой и интенсивно перемешивали стеклянной палочкой в течение 10 минут. Полученную взвесь фильтровали через мельничный газ № 55 и отстаивали в течение суток с последующим высушиванием на воздухе. Определение химического состава перифитона проводили по схеме комплексного биохимического анализа гидробионтов, разработанной в отделе морской санитарной гидробиологии ИнБЮМ НАНУ [11], позволяющей в достаточно короткие сроки определить количественное содержание основных органических веществ из одной навески сухой ткани. Для анализа брали навески по 100 мг сухого веса в трех повторностях. Углеводы определяли по цветной реакции с DL- триптофановым реактивом, белок по цветной реакции с биуретовым реактивом. Полученное высушенное и взвешенное на аналитических весах хлороформ-экстрагируемое вещество (ХЭВ), состоящее из липидов и углеводов, включая нефтяные, перерастворяли хлороформом и отбирали аликвоты для определения липидов по цветной реакции с фосфованилиновым реактивом. Для определения нефтяных углеводов мы использовали гравиметрический метод, который основан на экстракции их из пробы малополярными растворителями (гексан); очистке экстракта от полярных веществ пропуская его через колонку с сорбентом (оксид алюминия II степени

активности (содержащий 3 % H<sub>2</sub>O), удалении экстрагента путем его выпаривания и взвешивания остатка для определения суммы “нефтепродуктов”. Определение липидов, углеводов и белка проводили на спектрофотометре «Spectol-211» на длине волны 540 нм.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Качественный состав макрообрастаний гидротехнических сооружений пляжей бухт Песочной и Казачьей представлен в основном макрофитами. В пробах из б. Песочной были отмечены *Enteromorpha intestinalis* (L.) Nees, *Ulva rigida* C. Ag., *Cladophora* sp., *Ceramium rubrum auctorum*, *Gelidium* sp., а также мелкие мидии; из б. Казачьей – *Cystoseira barbata* C. Ag., *Callithamnion corymbosum* (Sm.) Lyngb., *Polysiphonia elongata* (Huds.) Spreng., *Cladophora* sp., *Laurencia* sp., *Chaetomorpha aërea* (Dillw.) Kütz., *Ceramium* sp., *Dilophus fasciola* (Roth.) Howe. Макрофитообрастания б. Песочной представлены в основном зелёными водорослями, многие из которых являются поли- и мезосапробными, а б. Казачьей – бурыми и красными, среди которых олиго- и мезосапробные виды, что косвенно может свидетельствовать о более благополучной обстановке в б. Казачьей. В перифитоне с макрообрастаний гидротехнических сооружений отмечены под микроскопом в основном диатомовые водоросли родов *Navicula*, *Licmophora*, *Vacillaria*, *Coscinodiscus*, *Amphora*, *Amphiprora*, *Striatella*, *Pleurosigma*, *Achnanthes*, детрит и мелкие минеральные частицы.

Полученные результаты по содержанию органических веществ в перифитоне представлены в таблице 1.

**Таблица 1**

**Содержание (мг/100 мг сухого веса) основных классов органических веществ в перифитоне макрообрастаний бухт Казачьей (К) и Песочной (П)**

дата	бухты	Липиды	НУ	Углеводы	Белок	∑ ОВ
04. 06	К	1,38 ± 0,03	0,05 ± 0,02	2,36 ± 0,05	9,52 ± 0,3	13,33 ± 0,4
	П	2,68 ± 0,06	0,07 ± 0,02	3,22 ± 0,05	26,14 ± 1,4	32,11 ± 1,63
18. 06	К	1,61 ± 0,09	0,49 ± 0,1	2,29 ± 0,02	10,75 ± 0,11	15,69 ± 0,37
	П	2,21 ± 0,04	0,33 ± 0,1	1,86 ± 0,02	13,08 ± 0,12	18,34 ± 0,33
02. 07	К	1,68 ± 0,03	0,14 ± 0,03	2,43 ± 0,1	13,74 ± 0,41	18,27 ± 0,82
	П	2,50 ± 0,03	0,05 ± 0,01	1,87 ± 0,04	14,53 ± 0,13	18,95 ± 0,21
16. 07	К	1,35 ± 0,05	0,19 ± 0,05	2,28 ± 0,03	11,01 ± 0,1	14,85 ± 0,31
	П	3,55 ± 0,0	0,08 ± 0,03	2,49 ± 0,03	17,91 ± 0,05	24,02 ± 0,13
20. 08	К	1,16 ± 0,04	0,20 ± 0,05	2,61 ± 0,03	11,40 ± 0,1	15,46 ± 0,42
	П	1,93 ± 0,08	0,25 ± 0,03	1,73 ± 0,02	12,44 ± 0,05	16,59 ± 0,38

Среднемесячное содержание органических веществ в перифитоне с макрообрастаний гидротехнических сооружений бухт Казачьей и Песочной представлено на рис. 1.

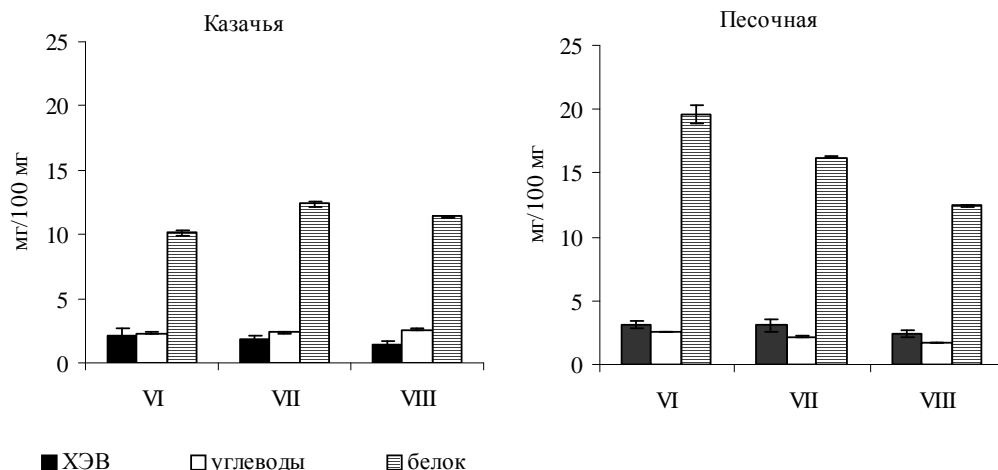


Рис. 1. Содержание органических веществ в перифитоне с макробрастаний гидротехнических сооружений бухт Казачьей и Песочной.

Как видно из рис. 1 в перифитоне с макробрастаний гидротехнических сооружений обеих бухт больше всего содержится белка: 10 – 12 мг/100 мг в б. Казачьей и 12 – 20 мг/100 мг в б. Песочной, а концентрация углеводов была примерно одинаковой - в пределах 2 мг/100 мг, что также было отмечено при изучении химического состава перифитона с элементов гидробиологической очистки [12]. Количество ХЭВ колебалось от 1,5 – 2 мг/100 мг в б. Казачьей до 2 - 3 мг/100 мг в б. Песочной. На рис. 2 показано содержание липидов, составляющих значительную часть ХЭВ, и нефтяных углеводородов в перифитоне двух бухт.

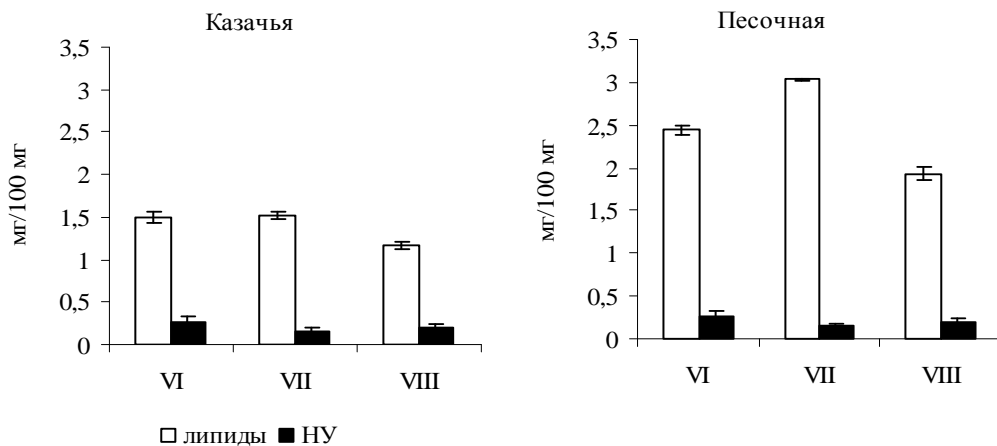


Рис. 2. Содержание липидов и нефтяных углеводородов в перифитоне с макробрастаний гидротехнических сооружений б. Казачьей и б. Песочной.

Из рис. 2 видно, что количество липидов в перифитоне из б. Песочной превышает таковое из б. Казачьей. Концентрация нефтяных углеводов была примерно одинакова и составляла в среднем 0,2 - 0,3 мг/100 мг.

При сравнении двух бухт можно отметить, что повышенное содержание белка и ХЭВ было в б. Песочной.

Можно отметить, что в суммарном органическом веществе (СОВ) перифитона наибольшую долю составляет белок: 73 % в б. Казачьей и 76 % в б. Песочной, тогда как наименьшей была доля углеводов в б. Песочной – 10 % и липидно-углеводородного комплекса в б. Казачьей – 11 %. Ранее проведённые исследования в Артиллерийской бухте, которая относится к загрязненным [13], показали, что в СОВ перифитона с макрообрастаний гидротехнических сооружений также преобладали доли белка и липидно-углеводородного комплекса [14].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые получены данные по химическому составу перифитона с макрообрастаний гидротехнических сооружений рекреационной зоны Севастополя. Химический состав перифитона б. Песочной отличается более высоким содержанием белка и липидно-углеводородного комплекса (в основном за счёт липидов), что может свидетельствовать о более экологически благополучной обстановке на пляже б. Казачьей. Концентрация нефтяных углеводов в перифитоне обеих бухт примерно одинаковая

### Список литературы

1. Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Чёрного моря / Калугина-Гутник А. А. – Киев: Наук. думка, 1975. – 246 с.
2. Otten J. H. First step to periphyton / Otten J. H., Willemse M. T. // Arch. Hydrobiol. – 1988. – N 2. – P. 177–195.
3. Макаревич Т. А. Некоторые методологические и методические аспекты исследования перифитона / Макаревич Т. А. // Материалы докл. Междунар. симп. «Перифитон континентальных вод: современное состояние изученности и перспективы дальнейших исследований», Тюмень, 3 – 5 февр. 2003 г. Тюмень, Опцион – ТМ-Холдинг, 18 с.
4. Wetzel R. G. Opening remarks. Periphyton of fresh water ecosystems / Wetzel R. G. // The Haque, Dr. W. Junk Publ. – 1983. – 34 p.
5. Миронов О. Г. Белки, аминокислоты и углеводы в прибрежных наносах Севастопольской бухты Черного моря // Миронов О. Г., Гапонюк Т. О., Муравьева И. П., Замыслова Т. Н. // Морск. экол. журн. – 2003. - Т. 2, № 3. – С. 102 – 107.
6. Немировская И. А. Идентификация нефтяных углеводов в морской среде при использовании различных методов анализа / Немировская И. А., Аникиев В. В., Теобальд Н., Раве А. // Журн. аналит. химии. – 1997. – 52, № 4. – С. 392-396.
7. Леоненко И. И. Методы определения нефтепродуктов в водах и других объектах окружающей среды (обзор) / Леоненко И. И., Антонович В. П., Андрианов А. Н., Безлуцкая И. В., Цымбалюк К. К. // Методы и объекты химического анализа. – 2010. – Т. 5, № 2. - С. 58 – 72.
8. Мильчакова Н. А. Систематический состав и распространение Fucophyceae Чёрного моря / Мильчакова Н. А. // Альгология. – 2002.- Т. 12, № 3. – С. 324-337.
9. Мильчакова Н. А. Систематический состав и распространение зеленых водорослей-макрофитов (Chlorophyceae Wille s.l.) Черного моря / Мильчакова Н. А. // Альгология. – 2003.- Т. 13, № 1. – С. 70-82.

10. Мильчакова Н. А. Красные водоросли (Rhodophyceae Rabenh.) Чёрного моря. Ceramiales: систематический состав и распространение / Мильчакова Н. А. // Альгология. – 2004. - Т. 14, № 4. – С. 73-85.
11. Копытов Ю. П. Схема комплексного биохимического анализа гидробионтов / Копытов Ю. П., Дивавин И. А., Цымбал И. М. // Рациональное использование ресурсов моря – важный вклад в реализацию продовольственной программы. Материалы конф. Севастополь, 10 – 11 дек. 1984. – Севастополь, 1984. – Ч. 2. – С. 227 – 231. Деп. в ВИНТИ 16.04.85, № 2556 – 85.
12. Муравьева И. П. Химический состав микроперифитона системы гидробиологической очистки морской воды / Муравьева И. П., Миронова Т. О. // Экология моря. – 2008. – Вып. 76. – С. 86-89.
13. Миронов О. Г. Санитарно-биологические аспекты экологии Севастопольских бухт в XX веке / Миронов О. Г., Кирюхина Л. Н., Алёмов С. В. – Севастополь, 2003. – ЭКОСИ-Гидрофизика. – 185 с.
14. Миронова Т. О. Динамика органического вещества в перифитоне гидротехнических сооружений / Миронова Т. О., Муравьева И. П. // Экология моря. – 2009. – Вып. 77. – С. 88-90.

**Муравйова І. П. Хімічний склад перефітону з макрообростань гідротехнічних споруджень рекреаційної зони Севастополя (Чорне море) / І.П. Муравйова, Т.О. Міронова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2013. – Т. 26 (65), № 3. – С. 144-151.**

У статті наведені дані по хімічному складу (білок, вуглеводи, ліпіди і нафтові вуглеводні) перефітону з макрообростань гідротехнічних споруд пляжів бухт Пісочної та Козачої. Хімічний склад перефітону б. Пісочної відрізняється більш високим вмістом білку та ліпідно-вуглеводного комплексу (в основному за рахунок ліпідів), що може свідчити про більш екологічно благополучній обстановці на пляжі б. Козачій. Відзначено, що концентрація нафтових вуглеводнів у перефітоні обох бухт приблизно однакова.

**Ключові слова:** гідротехнічні споруди, перефітон, білки, ліпіди, вуглеводи, нафтові вуглеводні.

## **PERIPHYTON CHEMICAL COMPOSITION FROM THE HYDROTECHNICAL CONSTRUCTIONS MACROFOULINGS IN THE RECREATIONAL ZONE OF SEVASTOPOL (THE BLACK SEA)**

*Muravjova I.P., Mironova T.O.*

*National Academy of Sciences of Ukraine A.O. Kovalevsky Institute of Biology of Southern Seas,  
Sevastopol, Crimea, Ukraine  
E-mail:imuraveva@mail.ru*

The coastal line of littoral cities is usually occupied by a variety of hydrotechnical constructions that provide an additional substrate for the settlement of marine organisms. The basic transformation processes of polluted organic substances, which may be caused by sewage waters are conducted involving periphyton. Shallow beaches of Pesochnaya and Kazachaya bays where elements of hydraulic structures can be found were selected for the study of the periphyton organic matter. The transition of organic substances from the natural and artificial coastal structures is occurring here. Sevastopol beaches as a part of a recreation area are experiencing major anthropogenic pressure in the summer period. The main classes of organic matter (proteins, lipids, carbohydrates) and petroleum hydrocarbons were studied in the samples of periphyton collected from June to August of 2013. The qualitative composition of coastal hydrotechnical structures microfouling was

mainly represented by the algae: green algae at the Pesochynaya bay, many of which were poly- and mesosaprobic species, while Kazachaya bay contained brown and red algae, consisted of oligo- and mesosaprobic species, they may indirectly indicate a more prosperous situation of the Kazachaya bay. The periphyton collected from the algae consisted mainly of diatoms, detritus and small mineral particles. The most significant part of the periphyton from both bays' hydrotechnical constructions included proteins (10-12 mg/100mg in the Kazachaya bay and 12-20 mg/100mg in the Pesochynaya bay), while the concentration of carbohydrates was nearly the same (about 2 mg/100mg), the amount of lipids in the Pesochynaya bay was greater than that of the Kazachaya bay (2-3 mg/100mg and 1,5 mg/100mg appropriately). oil hydrocarbons concentration was nearly the same averaging 0,2-0,3 mg/100mg. It is marked that proteins occupy 73% of total organic matter (TOM) of the Kazachaya bay periphyton and 76% of the Pesochynaya bay periphyton, while the least percentage was occupied by the Pesochynaya bay carbohydrates (10%) and lipid-hydrocarbon complex of the Kazachaya bay (11%). Previously conducted studies of the Artilleriyskaya bay, which is one of the most polluted ones, showed that the TOM of the macrofouling periphyton contained dominated shares of proteins and lipid-hydrocarbon complex. Thus the data about chemical composition of periphyton macrofouling of Sevastopol recreational zone hydrotechnical constructions is obtained for the first time. The periphyton chemical composition of the Pesochynaya bay is marked with higher concentrations of proteins and lipid-hydrocarbon complex (mostly due to lipids), that may indicate a more ecologically safe conditions on the Kazachaya bay beach. The concentration of oil hydrocarbons in periphyton in the both bays is nearly the same.

**Keywords:** hydrotechnical constructions, periphyton, proteins, lipids, carbohydrates, oil hydrocarbons.

## References

1. Kalugina-Gutnik A. A., *Phytobenthos of the Black Sea*, 246 p. (Nauk. dumka, Kiev, 1975).
2. Otten J. H., Willemse M. T., First step to periphyton, *Arch. Hydrobiol.*, **2**, 177 (1988).
3. Makarevich T. A., Some methodological and methodical aspects of periphyton research, *Materials of internat. simp. "Periphyton of continental waters: modern state of knowledge and perspectives of further researches"* (Tyumen, 2003), p. 18.
4. Wetzel R. G., *Opening remarks. Periphyton of fresh water ecosystems*, 34 p. (Dr. W. Junk Publ., the Hague, 1983).
5. Mironov O. G., Gaponyuk T. O., Muravjova I. P., Zamyslova T. N., Proteins, amino acids and carbohydrates in marine deposits of littoral zone from Sevastopol Bay (the Black Sea), *Marine Ecological Journ.*, **2**, 102 (2003).
6. Nemirovskaya I. A., Anikiyev V. V., Theobald N., Rave A., Identifikation of oil hydrocarbons in the marine environment using various methods of the analysis, *Zhurn. of Analit. Chemistry*, **52**, 392 (1997).
7. Leonenko I. I., Antonovich V. P., Andrianov V. P., Bezlutckaya I. V., Tsymbalyuk K. K., Methods for the determination of petroleum products in water and other environmental objects, *The Review Methods and objects of chemical analysis*, **5**, 58 (2010).
8. Milchakova N. A., Systematic structure and distribution of Fucophyceae of the Black Sea, *Algology*, **12**, 324 (2002).
9. Milchakova N. A., Systematic structure and distribution of green alga-makrofitas (Chlorophyceae Wille s.l.) of the Black Sea, *Algology*, **13**, 70 (2003).

10. Milchakova N. A., Red algal (Rhodophyceae Rabenh.) of the Black Sea. Ceramiales: systematic structure and distribution, *Algology*, **14**, 73 (2004).
11. Копытов Ю. П., Дивавин И. А. Сымбал И. М., Scheme of hydrobionts complex biochemical analysis, *Abstracts of Conference "Rational use of sea resources– an important contribution for realization of the food programme"* (Sevastopol, 1984), p. 227.
12. Muravjova I. P., Mironova T. O., Chemical composition of microperiphyton on the hydrobiological water purification system, *Ekologiya morya*, **76**, 86 (2008).
13. Mironov O. G., Kirjukhina L. N., Alyomov S. V. *Sanitary-biological aspects of the Sevastopol bays ecology in XX century*, 185 p. (Sevastopol, ECOSI-Hydrophysica, 2003).
14. Mironova T. O., Muravjova I. P., The dynamics of organic matter in the hydrotechnical constructions periphyton, *Ekologiya morya*, **77**, 88 (2009).

*Поступила в редакцию 25.08.2013 г.*