

УДК 574.587

**ЭКОЛОГО-ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МАКРОФИТОБЕНТОСА РАЙОНА ВЫПУСКА НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД ПНБ «ШЕСХАРИС» (ЦЕМЕССКАЯ БУХТА, ЧЕРНОЕ МОРЕ)**

**Березенко Н.С.**

*ФГБОУ ВПО «Государственный морской университет им. адм. Ф.Ф. Ушакова», Новороссийск, e-mail: mail@nsma.ru*

Приведен анализ эколого-таксономического состава осеннего макрофитобентоса районов старого и нового выпусков нефтесодержащих сточных вод ПНБ «Шесхарис» в Цемесской бухте Чёрного моря. Альгофлора исследованных районов насчитывает 57 видов макрофитов, относящихся к 33 родам, 21 семейству, 17 порядкам отделов *Chlorophyta*, *Phaeophyta* и *Rhodophyta*. По разнообразию таксономического и видового составов водорослей доминирует *Rhodophyta*, в его составе – порядок *Ceramiales*. Таксономическая структура в районе старого выпуска нефтесодержащих сточных вод более вариабельна, чем у нового выпуска. Сходство альгофлор подчеркивается доминированием количественных показателей отделов в последовательности *Rhodophyta* → *Chlorophyta* → *Phaeophyta*. Совпадение видовых таксонов увеличивается в ряду *Phaeophyta* → *Chlorophyta* → *Rhodophyta*. В районе нового выпуска сточных вод таксономическая структура макрофитобентоса упрощенная.

**Ключевые слова:** Цемесская бухта, ПНБ «Шесхарис», макрофитобентос, макроводоросли, таксономический состав, встречаемость, сходство, нефтяное загрязнение

**EKOLOGO-TAKSONOMICNESKIY STRUCTURE OF THE MACROPHYTOBENTHOS OF THE AREA OF PRODUCTION OF PETROCONTAINING SHESHKHARIS PNB SEWAGE (TSEMES BAY, THE BLACK SEA)**

**Berezenko N.S.**

*FGBOU VPO «The state sea university of atm. F.F. Ushakov», Novorossiysk, e-mail: mail@nsma.ru*

The analysis of ekologo-taxonomical structure of an autumn macrophytobenthos of areas of old and new production of petrocontaining sewage PNB «Sheshkharis» is provided in Tsemesskaya Bay of the Black Sea. Algoflora of the studied areas totals 57 types макрофитов, relating to 33 childbirth, 21 families, 17 orders of departments of *Chlorophyta*, *Phaeophyta* and *Rhodophyta*. On a variety of taxonomical and specific structures of algae *Rhodophyta*, in its structure – *Ceramiales* order dominates. The taxonomical structure around a back issue of petrocontaining sewage is more variable, than at new release. Similarity an algoflor is emphasized with domination of quantitative indices of departments in sequence of *Rhodophyta* → *Chlorophyta* → *Phaeophyta*. Coincidence specific таксонов increases among *Phaeophyta* → *Chlorophyta* → *Rhodophyta*. Around new production of sewage taxonomical structure of a macrophytobenthos the simplified.

**Keywords:** Tsemes Bay, PNB «Sheshkharis», macrophytobenthos, macroalgas, taxonomical structure, occurrence, similarity, oil pollution

Прибрежная зона моря является первым уровнем, на который поступает основное количество загрязняющих веществ от источников, расположенных на его берегах. В этом плане, морские водоросли, являясь первичными продуцентами органического вещества, играют решающую роль в функционировании всей экосистемы водоёма и отдельных ее компонентов. Макрофитобентос выполняет роль мощного фильтра различных загрязняющих веществ, поступающих в его пределы, участвует в потреблении, распределении, переработке этих веществ и, по сути, обеспечении питания других структурных уровней шельфовой зоны моря.

Цемесская бухта по масштабам портово-промышленной и транспортной деятельности и, следовательно, по совокупности

антропогенных воздействий на морскую среду не имеет себе равных в Азово-Черноморском регионе России. Существенный вклад в загрязнение прибрежной зоны восточного побережья бухты вносят нефтепродукты, попадающие в море в составе сточных вод перевалочной нефтебазы «Шесхарис» (далее по тексту – ПНБ «Шесхарис»). Начиная с 1963 и до 1977 г. сброс частично очищенных нефтесодержащих сточных вод предприятия осуществлялся из системы прудов-отстойников через подводный дюкер. В последующие 35 лет сточные воды отводятся в море в другом районе и только через глубоководный выпуск (удаление от берега 600 м). Расстояние от оголовка нового выпуска сточных вод предприятия до старого выпуска из прудов-отстойников составляет около 1 км.

Макрофиты, являясь прикрепленными организмами моря, представляют главную мишень воздействия нефтепродуктов, они особенно остро реагируют на любые изменения качества водной среды. Изучение видового состава и функционирования прибрежных водорослевых сообществ в условиях нефтяного загрязнения моря тесно связано с познанием процессов самоочищения водной среды и скорости восстановления фитоценозов.

Актуальность этой проблемы, исходя из требований российского законодательства в области охраны окружающей среды, а также с точки зрения решения практических задач гидротехнического и рекреационного строительства, очевидна.

Макрофитобентос Цемесской бухты относительно хорошо изучен. Большая часть работ посвящена изучению водорослей в летний период и в наиболее экологически напряженных районах (порт и прилегающая акватория). На сегодняшний день отсутствуют данные о современном состоянии макрофитобентоса в районе старого выпуска нефтесодержащих сточных вод ПНБ «Шесхарис» из системы прудов-отстойников, а по району нового глубоководного выпуска имеются лишь разрозненные данные разных лет исследований, выполненные в летний период года.

**Цель данной работы** – исследование эколого-таксономического разнообразия осеннего макрофитобентоса в районах старого и нового выпусков нефтесодержащих сточных вод ПНБ «Шесхарис».

## Материал и методы исследований

Объектом исследований являлись водорослевые бентосные сообщества районов старого и нового выпусков нефтесодержащих сточных вод ПНБ «Шесхарис» (рис. 1).

Работы выполнялись на участке шельфа восточного побережья Цемесской бухты от нефтегазави до прудов-отстойников. Отбор качественных проб осуществлялся в конце сентября – начале октября 2013 г. по общепринятой гидробиотической методике (Калугина, 1969) с помощью водолаза с берега (глубины до 3 м) и малых плавсредств (глубины до 10 м). Всего было отобрано и обработано 32 качественные пробы водорослей. Видовой состав макрофитов определяли по «Определителю зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР» [1] с учетом современных номенклатурных изменений [2–4]. Водоросли определены до вида. Для сравнительной оценки видовой структуры макрофитобентоса в районах наблюдений применены коэффициенты встречаемости ( $R$ ), флористического сходства ( $K$ ), флористический ( $P_{\text{флор}}$ ), предложенный Д.Т. Ченеем [7–9].

## Результаты исследований и их обсуждение

На участке исследований прибрежная зона моря характеризуется выраженным микрорельефом дна с резко нарастающими глубинами. От уреза воды до глубины 5–7 м дно слагается галечниково-валунным материалом, пересечено скальными грядами, в складках – накопления мелкого гравийного материала с песком и признаками заиливания. Глубже микрорельеф сглаживается, уступая место алеврито-пелитовым илам. На галечниках до глубины 0,3–0,5 м макроводоросли не обнаружены, что связано с высокой прибойностью и характером сложения донных грунтов.



Рис. 1. Карта-схема расположения районов исследований макрофитобентоса в Цемесской бухте

Проведенные исследования в двух районах (нового и старого выпусков) позволили обнаружить 57 видов макрофитов, относящихся к 33 родам, 21 семейству, 17 порядкам отделов *Chlorophyta*, *Phaeophyta* и *Rhodophyta* (таблица). По разнообразию таксономического состава водорослей доминируют виды отдела *Rhodophyta*, составляя более 57% общего числа видов и родов,

48% семейств, 41% порядков. Наиболее многочисленный в видовом отношении порядок *Ceramiales* (3 семейства и 9 родов) включает 35,1% общего числа видов макрофитобентоса. Основу видового разнообразия составляют семейства *Ceramiales* и *Rhodomelaceae*, на долю которых в сумме приходится 57,6% общего числа видов данного отдела водорослей.

Видовой состав макрофитобентоса в районах выпусков нефтесодержащих сточных вод ПНБ «Шесхарис» (28.09. – 04.10.2013 г.)

№ п/п	Отдел, вид	Экологические показатели*	Район	
			Новый выпуск	Старый выпуск
1	2	3	4	5
<b><i>Phaeophyta</i></b>				
1.	<i>Myrionema balticum</i> (Reinke) Foslie	М	–	+
2.	<i>Ectocarpus confervoides</i> (Roth) Le Jolis	М	–	+
3.	<i>Entonema oligosporum</i> (Strömf.)	М	+	+
4.	<i>Nereia filiformis</i> (J.Ag.) Zanard.	О	–	+
5.	<i>Sphacelaria cirrosa</i> (Roth) Ag.	М	+	+
6.	<i>Cladostephus verticillatus</i> (Lightf.)	О	+	+
7.	<i>Cystoseira barbata</i> (Good. et Wood.) Ag.	М	+	+
8.	<i>C. crinita</i> Bory	О	+	+
9.	<i>Padina pavonia</i> (L.) Gaill.	О	+	–
<b><i>Chlorophyta</i></b>				
1.	<i>Acrosiphonia centralis</i> (Lyngb.) Kjellm.	О	–	+
2.	<i>Enteromorpha prolifera</i> (O. Müll.) J. Ag.	М	+	+
3.	<i>E. linza</i> (L.) J. Ag.	М	+	–
4.	<i>E. intestinalis</i> (L.) Link.	П	+	+
5.	<i>E. flexuosa</i> (Wulf.) J. Ag.	М	+	–
6.	<i>Chaetomorpha aërea</i> (Dillw.) Kütz.	М	+	+
7.	<i>Cladophora echinus</i> (Bias.) Kütz.	О	–	+
8.	<i>C. albida</i> (Huds.) Kütz.	П	+	+
9.	<i>C. laetevirens</i> (Dillw.) Kütz.	П	+	+
10.	<i>C. vadorum</i> (Aresch.) Kütz.	М	+	+
11.	<i>C. liniformis</i> Kütz.	П	+	–
12.	<i>C. sericea</i> (Huds.) Kütz.	М	–	+
13.	<i>C. dalmatica</i> Kütz.	О	–	+
14.	<i>Cladophoropsis membranacea</i> (Ag.) Börg.	П	+	+
15.	<i>Codium vermilara</i> (Olivi) Delle Chiaje	О	+	+
<b><i>Rhodophyta</i></b>				
1.	<i>Asterocytis ramosa</i> (Thw.) Gobi	П	–	+
2.	<i>Goniotrichum elegans</i> (Chauv.) Zanard.	М	–	+
3.	<i>Erythrotrichia carnea</i> (Dillw.) J.Ag.	П	–	+
4.	<i>Kylinia secundata</i> (Lyngb.) Papenf.	М	+	+
5.	<i>K. virgatula</i> (Harv.) Papenf.	М	+	–
6.	<i>Gelidium crinale</i> (Turn.) Lamour.	О	+	+
7.	<i>G. latifolium</i> (Grev.) Born. et Thur.	М	+	+
8.	<i>Melobesia farinosa</i> Lamour.	?	+	+
9.	<i>Corallina mediterranea</i> Aresch.	О	+	+
10.	<i>C. granifera</i> Ell. et Soland.	О	–	+
11.	<i>Jania rubens</i> (L.) Lamour.	О	+	–
12.	<i>Gracilaria verrucosa</i> (Huds.) Papenf.	О	–	+

## Окончание таблицы

1	2	3	4	5
13.	<i>Phyllophora nervosa</i> (DC.) Grev.	О	+	+
14.	<i>Antithamnion plumula</i> (Ell.) Thur.	П	–	+
15.	<i>Ceramium ciliatum</i> (Ell.) Ducl.	О	+	+
16.	<i>C. rubrum</i> (Huds.) Ag.	П	+	+
17.	<i>C. elegans</i> Ducl.	П	+	+
18.	<i>C. tenuissimum</i> (Lyngb.) J. Ag.	М	–	+
19.	<i>C. diaphanum</i> (Lightf.) Roth.	П	–	+
20.	<i>Callithamnion corymbosum</i> (J. E. Smith) Lyngb.	М	+	–
21.	<i>Spermothamnion strictum</i> (Ag.) Adriss.	М	+	+
22.	<i>Apoglossum ruscifolium</i> (Turn.) J. Ag.	М	+	+
23.	<i>Polysiphonia denudata</i> (Dillw.) Kütz.	О	+	+
24.	<i>P. subulifera</i> (Ag.) Harv.	М	+	+
25.	<i>P. breviararticulata</i> (Ag.) Zanard.	?	–	+
26.	<i>P. opaca</i> (Ag.) Zanard.	М	+	+
27.	<i>P. pulvinata</i> Kütz.	О	–	+
28.	<i>Lophosiphonia reptabunda</i> (Suhr) Kylin	М	–	+
29.	<i>Chondria tenuissima</i> (Good. et Wood) Ag.	О	+	+
30.	<i>Ch. dasyphylla</i> (Wood.) Ag.	О	–	+
31.	<i>Laurencia paniculata</i> J. Ag.	О	–	+
32.	<i>L. obtusa</i> (Huds.) Lamour.	М	+	+
33.	<i>L. hybrida</i> (DC.) Lenorm.	О	–	+
Всего			36	50

Пр и м е ч а н и е . \* – О – олигосапробы, М – мезосапробы, П – полисапробы; ? – не известно.

Количество видов *Chlorophyta* в 1,7 раза превышает *Phaeophyta*. Среди *Chlorophyta* по таксономическому составу доминирует порядок *Cladophorales* (60% общего числа видов), у *Phaeophyta* распределение видов по отдельным надвидовым таксонам примерно одинаковое.

Большинство семейств (57,1%) и родов (69,7%) относятся к монотипическим. Высоким видовым разнообразием характеризуются *Cladophoraceae*, *Rhodomelaceae* и *Ceramiceae*, на их долю приходится до 49% общего числа зарегистрированных видов водорослей. Наибольшую видовую насыщенность имеет род *Cladophora* (7 видов), в составе родов *Polysiphonia* и *Ceramium* – по 5 видов. Среднее число видов в роде составляет 2,6.

Отличительной особенностью структуры фитоценозов исследованных районов является высокое видовое разнообразие (87,7 общего числа видов) сообществ у старого выпуска. Ведущее положение в структуре имеют *Phaeophyta* и *Rhodophyta* (составляют в сумме более 66% видов). При этом в таксономической структуре *Phaeophyta* число родов и порядков не зависит от принадлежности

сообщества к тому или иному исследованному району. Из *Chlorophyta* высоким видовым разнообразием отличается *Cladophoraceae* (66,7% от общего числа видов отдела).

В районе нового выпуска зарегистрировано на 28% видов меньше, чем у старого выпуска. Макроводоросли, принадлежащие к порядку *Dictyotales*, отмечены только в районе нового выпуска. Коэффициент флористического сходства состава выделенных таксонов альгофлор варьирует в интервале 32,7–35,7. По количеству видов наибольшее отличие обнаружено у *Rhodophyta*. Особенностью родовой структуры альгофлоры района нового выпуска является более низкая видовая насыщенность *Polysiphonia*, *Ceramium* и *Cladophora* и более высокая – *Enteromorpha*. Сопоставление изменчивости таксономической структуры отделов в каждом из характеризующих районов показало, что наибольший предел вариаций числа видов прослеживается у порядков *Rhodophyta* и *Chlorophyta*, у семейств – *Rhodomelaceae*, *Ceramiceae* и *Cladophoraceae*.

Малое количество бурых видов водорослей в исследованных районах (15,8%



общего числа видов), являющихся индикаторами чистых вод, определило высокое значение флористического коэффициента Чени ( $P_{\text{флор}} = 5,3$ ), что характерно для районов со средней степенью загрязнения морской воды (пределы  $P_{\text{флор}}$  от 3 до 6). Распределение видов по группам сапробности показало превалирование олигосапробов в районе старого выпуска (38% общего числа видов). Это позволяет сделать вывод, что основным фактором, влияющим на флористический состав макроводорослей в районе нового выпуска, является хроническое нефтяное загрязнение.

В целом макрофитобентос исследованных районов характеризуется выраженной индивидуальностью флористического состава (рис. 2). На это указывает и тот факт, что виды 4 порядков (*Chordariales*, *Sporochnales*, *Goniotrichales*, *Bangeales*) отмечены только у старого выпуска.

Анализ распределения видов макроводорослей по величине коэффициента встречаемости показал, что в составе альгофлоры районов наибольшее количество видов (56,1% общего числа видов) имеют низкий показатель ( $R = 1 - < 20\%$ ) и относятся к I классу постоянства [5]. Доля видов, отнесенных к наивысшему V классу ( $R = 81-100\%$ ), составляет всего 15,8% общего числа видов.

### Заключение

Район произрастания макроводорослей, а вернее уровень нефтяного загрязнения вод, определенным образом влияет на основные характеристики его водорослевых сообществ.

Альгофлора исследованных районов старого и нового выпуска нефтесодержащих сточных вод ПНБ «Шесхарис» насчитывает 57 видов макрофитов, относящихся

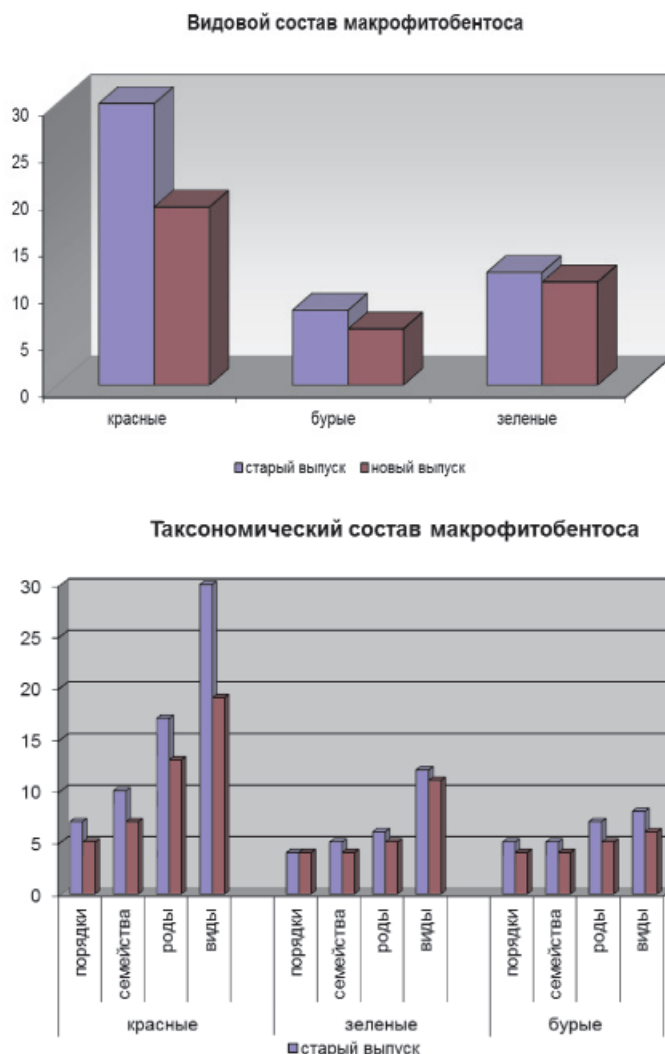


Рис. 2. Флористическая структура макрофитобентоса в районах старого и нового выпусков нефтесодержащих сточных вод ПНБ «Шесхарис»

к 33 родам, 21 семейству, 17 порядкам отделов *Chlorophyta*, *Phaeophyta* и *Rhodophyta*. По разнообразию таксономического и видового составов водорослей доминирует *Rhodophyta*, в его составе – порядок *Ceramiales*.

Таксономическая и видовая структура фитоценозов изученных районов имеет выраженные качественные различия. В составе макрофитобентоса районов отмечено около половины одинаковых видов. Сходство альгофлор подчеркивается доминированием количественных показателей отделов в последовательности *Rhodophyta* → *Chlorophyta* → *Phaeophyta*. Совпадение видовых таксонов увеличивается в ряду *Phaeophyta* → *Chlorophyta* → *Rhodophyta*.

В районе нового выпуска нефтесодержащих сточных вод таксономическая структура макрофитобентоса упрощенная, что обусловлено хроническим нефтяным загрязнением водной среды. У старого выпуска фитобентос находится в стадии естественных сукцессионных процессов, направленных на восстановление видового разнообразия и структуры сообществ.

#### Список литературы

1. Зинова А.Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. – Л.: Наука, 1967. – 400 с.
2. Мильчакова Н.А. Бурые водоросли Черного моря: систематический состав и распространение // Альгология. – 2002. – 12, № 3. – С. 324–337.
3. Мильчакова Н.А. Систематический состав и распространение зеленых водорослей-макрофитов (*Chlorophyceae Wille s.l.*) Черного моря // Альгология. – 2003. – 13, № 1. – С. 70–82.
4. Мильчакова Н.А. Красные водоросли (*Rhodophyceae Rabenh.*) Черного моря. *Ceramiales*: систематический состав и распространение // Альгология. – 2004. – 17, № 1. – С. 73–85.
5. Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. – М.: Наука, 1989. – 223 с.
6. Калугина А.А. Исследование донной растительности Чёрного моря с применением легководолазной техники // Морские подводные исследования. – М.: Наука, 1969. – С. 105–113.
7. Калугина-Гутник А.А. Фитобентос Черного моря. – Киев: Наукова Думка, 1975. – 248 с.
8. Шенников А.П. Введение в геоботанику. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. – 447 с.
9. Cheney D.T. R + C/P – a new and improved ratio for comparing seaweed floras // J. Phycol. – 1977. – 13, № 2. – P. 12.

#### References

1. Zinova A.D. *Opredelitel zelenih, burih i krasnih vodorosley yuznih morey SSSR* [The determining book of green, brown and red seaweeds of southern seas of USSR]. Moscow-Leningrad.: «Nauka», 1967. 398 p.
2. Milchakova N.A. Burye vodorosli Chernogo morja: sistematicheskij sostav i rasprostranenie // Algologija. 2002. 12, no. 3. pp. 324–337.
3. Milchakova N.A. Sistematicheskij sostav i rasprostranenie zelenyh vodoroslej-makrofitov (Chlorophyceae Wille s.l.) Chernogo morja // Algologija. 2003. 13, no. 1. pp. 70–82.
4. Milchakova N.A. Krasnye vodorosli (Rhodophyceae Rabenh.) Chernogo morja. Ceramiales: sistematicheskij sostav i rasprostranenie // Algologija. 2004. 17, no. 1. pp. 73–85.
5. Mirkin B.M., Rozenberg G.S., Naumova L.G. Slovar ponjatij i terminov sovremennoj fitocenologii. M.: Nauka, 1989. 223 p.
6. Kalugina A.A. Issledovanie donnoj rastitelnosti Chjornogo morja s primeneniem legkovodolaznoj tehniki // Morskie podvodnye issledovanija. M.: Nauka, 1969, pp. 105–113.
7. Kalugina-Gutnik A.A. Fitobentos Chernogo morja. Kiev: Naukova Dumka, 1975. 247 p.
8. Shennikov A.P. Vvedenie v geobotaniku. L.: Izd-vo LGU, 1964. 447 p.
9. Cheney D.T. R + C/P a new and improved ratio for comparing seaweed floras // J. Phycol. 1977. 13, no. 2. pp. 12.

#### Рецензенты:

Туркин В.А., д.т.н., профессор, начальник кафедры «Техносферная безопасность на транспорте», ФГБОУ ВПО «ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова», г. Новороссийск;  
Страхова Н.А., д.т.н., профессор кафедры «Техносферная безопасность на транспорте», ФГБОУ ВПО «ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова», г. Новороссийск.