

УДК 582.26/.27:576.2:574.5(262.5)

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА СТРУКТУРУ МАКРОВОДОРОСЛЕЙ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

Торская А.В., Остроносова Е.Б., Воронина И., Оскольская И.О.

Активное освоение береговых склонов, возрастание рекреационной нагрузки на побережье приводят к интенсификации деструктивных процессов (оползневой, абразионной, эрозионной активности). В связи с этими процессами наиболее выражены эвтрофирование и наличие взвеси (осадка) в морской воде. Деструктивные процессы приводят к увеличению количества осадка, снижению прозрачности морской воды и образованию илистых донных отложений. На поверхности взвешенных частиц адсорбируются различные загрязняющие вещества, попадающие в морскую среду с терригенными стоками. Эвтрофикация и осадконакопление тесно связаны и при взаимодействии усиливают действие друг друга. Макроводоросли, населяющие береговую зону под линией уреза воды, чувствительны к изменениям факторов среды обитания. Поэтому целью настоящей работы является изучение структурно-морфологических особенностей макрофитов при различных уровнях количества взвеси в морской воде.

Материалы и методы

В качестве районов исследования были выбраны акватории мыса Толстый (Западный Крым) и Карадага (Восточный Крым). Объектом служили наиболее часто встречающиеся в данных районах представители трех отделов водорослей: *Chlorophyta* – *Enteromorpha intestinalis* (L) Link, *Phaeophyta*- *Cystoseira barbata* (Good et Wood) Ag и *Rhodophyta* - *Phyllophora nervosa*(DC) Grey.

Материал отбирали с июля по август в течение четырех лет с 1998 по 2002 гг. методом пробных площадей рамкой 50х 50. В процессе исследований определяли, биомассу, площадь приведенной удельной поверхности макроводорослей, а так же был проведен гранулометрический анализ грунтов и количество взвеси в воде. Все измерения выполняли в пятикратной повторности.

Площадь приведенной удельной поверхности (S_0) рассчитывали для отдельных структурных элементов и для целых талломов водорослей по формуле:

$$S_0 = \sqrt{S} / \sqrt[3]{V},$$

где S - площади поверхности объекта, см²; V – объем объекта, см³[1].

Исходные данные для определения площади и объема фрагментов водорослей находили под биноклем с помощью окулярной линейки при увеличении 2 и 4. Количество взвеси в воде определяли посредством ее фильтрации через складчатый фильтр и выражали в граммах сухого веса на 1 л. Гранулометрический анализ грунтов был проведен по методу В.П.Петелина[2]. Таксономическую принадлежность макрофитов определяли по А.Д. Зиновой[3].

Результаты и обсуждение

Акваторию Карадага исследовали от причального пирса биостанции до Кузьмичевых камней (табл. 1). Участок пробной площадки №1 по визуальным данным характеризуется значительным уровнем эвтрофикации (поступают стоки дельфинария), которая сочетается с наиболее высоким уровнем осадка (0,81 г/л). Средняя часть бухты (пл.№2) представляет собой галечный пляж с уровнем осадка 0,72 г/л. Площадка

Таблица 1
Гранулометрический состав осадков в районе акваторий Карадага и мыса Толстый

№ пл.	Осадок, г/л	Фракции, %												
		Галечная			Гравийная			Песчаная			Алевритовая		Валунная	
		м	ср	кр	м	ср	кр	м	ср	кр	м	кр		
Карадаг														
1	0,81	63	32	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0,72	4	11	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
3	0,60	8	15	71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
4	0,07	50	20	-	15	-	15	-	-	-	-	-	-	-
Мыс Толстый														
1	0,52	-	-	-	-	-	-	32	10	-	20	38	-	-
2	0,27	-	-	-	-	-	-	58	34	8	-	-	-	-
3	0,18	-	-	-	8	-	-	6	38	48	-	-	-	-
4	0,11	-	-	-	52	36	6	-	-	6	-	-	-	-

№3 совпадает с границей начала Карадагского заповедника и характеризуется высокой прибойной активностью, узкой прибрежной полосой, подверженной абразионным и эрозионным процессам. Район Кузьмичевых камней (пл.№4) находится на территории заповедника, источники антропогенного воздействия отсутствуют, эрозионные процессы не выражены, прозрачность воды достигает 15 м, уровень осадка минимальный (0,07 г/л).

Мыс Толстый характеризуется разрушительными процессами береговой полосы, находясь в зоне действия Михайловского и Бартеньевского оползней. Данный район изучали от крайней (южной) части пляжа Учкуевка (пл.№1), подверженного высокой

рекреационной нагрузке, которая дополняет наличие осадка в воде (0,52 г/л), до пляжа турбазы КЧФ (пл.№4), количество осадка не превышает 0,11 г/л (табл. 1). Участок расположения площадок №2 и 3 находится между крайними площадками в зоне действия Михайловского оползня (0,27 и 0,18 г/л).

В результате исследований установлено, что в акватории мыса Толстый на первой площадке преобладают грунты алевритовой фракции (58%), на второй и третьей – песчаной (100 и 92%), на четвертой – гравийной (94%) (табл. 1). Грунт из акватории Карадага отличается преобладанием более крупных галечных фракций.

Данные морфометрических измерений массовых видов водорослей-макрофитов в зависимости от количества осадка в морской воде приведены в таблице 2. Степень рассеченности макроводорослей из акватории Карадага превышает таковую у макрофитов из акватории мыса Толстый, что отражается на соотношении площади и объема и согласуется с полученными нами ранее данными [4]. Площадь приведенной удельной поверхности слоевищ *Cystoseira barbata* из акватории Карадага снижается по мере увеличения содержания осадка в морской воде от 23,84 до 19,48, однако на уровне структурных элементов малого диаметра прослеживается обратная тенденция. В районе мыса Толстый происходит увеличение площади приведенной удельной поверхности цистозиры по градиенту осадка всех исследуемых структурных элементов и целых слоевищ. У *Phyllophora nervosa* также наблюдается увеличение адсорбционных поверхностей при возрастании содержания осадка в исследуемых акваториях. Необходимо отметить, что у *Enteromorpha intestinalis* не прослеживается зависимость между показателями приведенной удельной поверхности и количеством осадка.

Распределение биомассы макроводорослей в зависимости от количества осадка в морской воде представлено на рисунке. Общая биомасса снижается от 1170,7 г/м² (в прозрачной воде) до 684 г/м² (наиболее мутной) в акватории Карадага и от 1088,5 г/м² до 30,5 г/м² в акватории мыса Толстый. Показатели развития ассимилирующих поверхностей, биомасса отдельных видов водорослей и общая биомасса у водорослей из акватории Карадага выше, чем у макрофитов из акватории мыса Толстый. Линия регрессии, соответствующая распределению биомассы водорослей на мысе Толстый, имеет большой угол наклона и стремится к нулевым значениям, что, вероятно, означает проявление тенденции к разрушению талломов. При изучении макрофитов Японского моря в условиях заиления наблюдали отсутствие фотосинтеза и, как следствие, разрушение талломов водорослей [5]. Очевидно, что взвешенное вещество, поглощая свет и изменяя его спектральную природу, подавляет рост макроводорослей.

Таким образом, габитуально-морфологические показатели макрофитов в целом снижаются с увеличением содержания осадка в морской воде. Эта тенденция находит подтверждение в экспериментальных данных о снижении активных поверхностей гидробионтов в результате адсорбции растворенных в воде органических веществ [6]. Исключение составляют *C. barbata* из акватории мыса Толстый и *Ph. Nervosa*

Таблица 2
Средние значения морфологических показателей макроводорослей из акваторий Карадага и мыса Толстый

Таксон	№ пл.	Осадок, г/л	L ₁ , см	S _{0'}	L ₂ , см	S _{0''}	L ₃ , см	S _{0'''}	S ₀	S ₀ /м ²	B, г/м ²
Карадаг											
<i>Cystoseira barbata</i>	1	0,81	15	4,92	132	8,12	9860	21,6	19,48	29,88	684
	2	0,72	45	8,41	112	11,01	2380	20,89	19,47	34,36	990
	3	0,60	127	8,67	432	12,79	3354	19,06	17,73	33,31	1018
	4	0,07	35	7,73	198	15,61	9660	26,76	23,84	40,72	1160
<i>Phyllophora nervosa</i>	2	0,72	-	-	-	-	-	-	28,23	-	44,5
	3	0,60	-	-	-	-	-	-	5,64	10,4	50,1
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	2	0,72	-	-	-	-	-	-	5,05	-	18,2
	4	0,07	-	-	-	-	-	-	5,19	-	10,7
Мыс Толстый											
<i>Cystoseira barbata</i>	1	0,52	20	2,05	4	4,7	40	5,3	6,60	-	17
	2	0,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	0,18	2,1	3,87	67,7	8,05	2385	17,29	15,59	-	1070
	4	0,11	3,9	4,3	42,6	7,23	20,76	7,74	7,42	-	1080
<i>Phyllophora nervosa</i>	2	0,27	-	-	-	-	-	-	4,24	-	38
	4	0,11	-	-	-	-	-	-	0,93	-	1,5
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	1	0,52	-	-	-	-	-	-	2,05	-	13,5
	2	0,27	-	-	-	-	-	-	2,11	-	11,5
	3	0,18	-	-	-	-	-	-	1,66	-	7,5
	4	0,11	-	-	-	-	-	-	2,55	-	7

Примечание: L₁ – суммарная длина ветвей диаметром 0,3 – 0,6 см, S_{0'} – их приведенная удельная поверхность; L₂ – суммарная длина ветвей диаметром 0,08 – 0,09 см, S_{0''} – их приведенная удельная поверхность; L₃ – суммарная длина ветвей диаметром 0,04 – 0,05 см, S_{0'''} – их приведенная удельная поверхность; S₀ – приведенная удельная поверхность целого растения; B – биомасса на 1 м².

(табл. 2). Можно предположить, что снижение показателя S₀, наблюдаемое на площадке 4 и 1, связано с близостью городских пляжей. Однако различные структуры макрофитов по-разному реагируют на уровень осадка и эвтрофикации [7]. Отмечено, что в пределах исследуемых акваторий по мере увеличения количества осадка у водорослей снижается S₀ ветвей первого порядка, тогда как S₀ ветвей 3-4 порядков, выполняющих основную функциональную нагрузку, значительно возрастает. Вероятно, рост длины ветвей 3-го, 4-го порядка и некоторые увеличения S₀ целого растения является

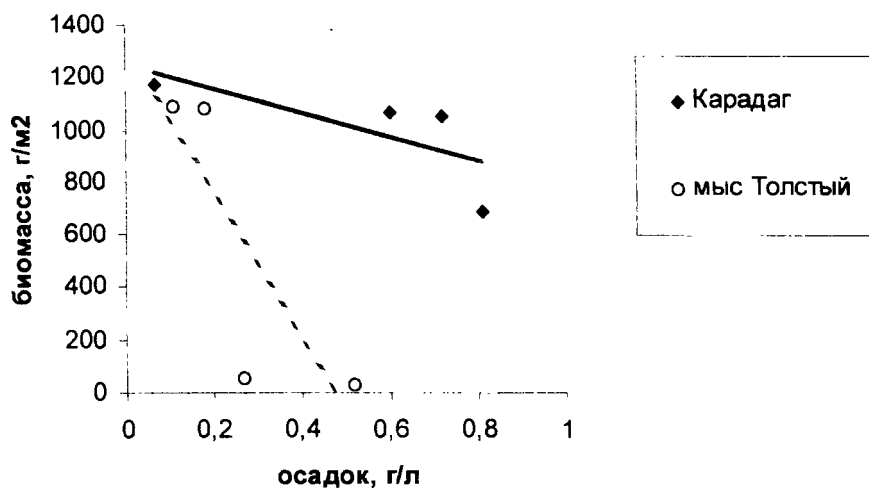


Рисунок. Зависимость биомассы макроводорослей от количества осадка в морской воде из акваторий Карадага и м. Толстый.

адаптивным откликом на неблагоприятные изменения факторов среды. Увеличение осадка в морской воде до 0,27 г/л и более приводит к снижению биомассы на 1 м². Высокое содержание биогенов в зоне действия стоков дельфинария (пл.№1) оказывает стимулирующее влияние на рост биомассы Chlorophyta и апикальных сегментов Phaeophyta Rhodophyta. Данные, полученные в экспериментах по выращиванию фрагментов *Gracillaria verrucosa* и *G. species* при различных концентрациях аммония в среде, подтверждают это предположение [8].

Выводы

В результате изучения морфологических откликов макроводорослей на изменения факторов среды, связанных с нарушением береговой полосы, особенно в сочетании с эвтрофированием, отмечено, что повышение содержания биогенов и осадка в морской воде приводит к адаптивным реакциям макрофитов на структурном уровне. К структурам, обладающим наибольшей морфологической пластичностью, можно отнести апикальные части водорослей-макрофитов.

Список литературы

1. Алеев Ю.Г. О биогеодинамических различиях планктона и нектона//Зоол. ж. – №51. Вып. 1. – 1972. – С. 5 – 12.
2. Петелин В.П. Гранулометрический анализ донных осадков. – М.: Наука, 1967. – 128 с.
3. Зинова А. Д. Определитель зелёных, бурых и красных водорослей южных морей СССР. – М.: Наука, 1967. – 397с.

4. Oskolskaya O.Y., Torskaya A.V., Timofeev V.A. Preliminary results on Macroalgae distribution in destructive processes//Mediterranean Marine Science. – Athens, 2001. – P. 37 – 43.
5. Титлянов Э.А., Ли Б.Д., Лавин П.И., Нечай Е.Г., Ядыкин А.А. Фотосинтез и дыхание анфельции в природных условиях//Сб.: Биология анфельции.- Владивосток. – 1980. – С.41 – 64.
6. Zullig J.J., Morse J.W. Interaction of organic acids with carbonate mineral surfaces in seawater and related solution I.Fatty acid adsorption//Geochim. Cosmochim.Acta. 1988. V. 52. P.1667 – 1678.
7. Оскольская О. И., Торская А. В. Некоторые морфологические особенности характеристики *Cystoseira barbata* AG. из бухты Карадагской (Юго-восточный Крым)//Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія, – № 3(14) Спеціальний випуск: Гідроекологія. – 2001. – 250 с.
8. Романок В.А., Оскольская О.И. Влияние различных концентраций аммония в среде на рост и формирование слоевищ *Gracilaria verrucosa* и *G. species*. // Экология моря. – 1991. – Вып. 37. – С. 49 – 56.

Поступила в редакцию 16.03.2003 г.