

ЭКОЛОГИЯ МОРЯ



14
—
1983

SEASONAL DYNAMICS OF LAURENCIA CENOPOPULATION STRUCTURE
IN THE SEVASTOPOL BAY

Summary

Seasonal dynamics of size-mass cenopopulation structure is described for certain Black Sea species of *Laurencia*; the dynamics is dependent on a complex of hydrodynamic and temperature conditions in different periods of the year. The correlation between mass and length of the thallus is positive, and high in particular seasons. Types of *Laurencia* are found to differ in a relative gain of the thallus.

УДК 581.55:582.273(262.5)

Н. В. МИРОНОВА

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ФИТОЦЕНОЗОВ
И ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ ГРАЦИЛЯРИИ
В НОВОРОССИЙСКОЙ БУХТЕ

Из 304 видов водорослей-макрофитов, известных для Черного моря, всего несколько видов произрастает в промысловом количестве и используется в народном хозяйстве страны [6]. Большую ценность представляют виды, содержащие в себе желеобразующие вещества — агар и агароид, в которых нуждаются пищевая промышленность и медицина. Естественные запасы агаросодержащих водорослей, кроме филлофоры, невелики, поэтому необходимо изыскать новые виды, обладающие высоким темпом роста и быстрой адаптацией к культуральным условиям. Наиболее перспективной в этом отношении является красная водоросль *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf. [3]. На Черном море известны два вида грацилярии — *G. verrucosa* (Huds.) Papenf. и *G. dura* (Ag) J. Ag. [2]. А. А. Калугина-Гутник считает, что в Черном море произрастает один вид — *G. verrucosa*, который образует две экологические формы: прикрепленную (*G. verrucosa*) и неприкрепленную (*G. dura*) [5].

Для разработки биологических основ культивирования, помимо различных сторон биологии, необходимо изучить количественное распределение грацилярии в естественных условиях. В литературе по черноморским водорослям содержатся сведения лишь по неприкрепленной форме [7]. Настоящая работа посвящена анализу сезонной динамики структуры фитоценозов и популяций прикрепленной формы грацилярии, произрастающей в Новороссийской бухте.

Материал и методика. Основной материал собран в июне 1978 г. во время альгологической съемки Новороссийской бухты, организованной лабораторией фитобентоса Института биологии южных морей АН СССР и Новороссийской биологической станцией Краснодарского государственного университета. Грацилярия была обнаружена на четырех участках — у восточного мола (на глубине 10 м), у городской больницы, у мыса Любви и у рыбного завода (на глубине 10 и 15 м). В остальные сезоны водоросли были собраны в 1978—1980 гг. только у мыса Любви и у рыбного завода, где они произрастают в наибольшем количестве. Собирали и обрабатывали материал по методике, изложенной в работе [4]. Всего было собрано 60 количественных проб. На размерно-массовый состав популяции проанализировано 5200 экземпляров грацилярии.

Для сравнительной характеристики флористического состава и биомассы водорослей между участками, а также на одних и тех же участках, но в разные сезоны года определены коэффициенты общности видов K_0 по формуле Жаккара [1] и сходства биомассы P по Штейнгаузу [8]. При характеристике структуры фитоценозов использован индекс видового разнообразия Шеннона [9].

При организации выходов в море и во время отбора проб под водой, особенно в осенне-зимний период, были оказаны нам большая помощь и содействие со стороны директора Новороссийской биологической станции А. Д. Скрипникова, сотрудников—кандидатов биологических наук В. В. Громова, Р. И. Смоляр и старшего лаборанта М. Халиловой. Считаю своим долгом выразить благодарность перечисленным выше сотрудникам НБС.

Структура грациляриевых фитоценозов. В Новороссийской бухте произрастает прикрепленная форма грацилярии. Она встречается на глубине 8—15 м, прикрепляясь к скалам, камням и раковинам моллюсков маленькой подошвой.

У мыса Любви располагаются простые грациляриевые фитоценозы (рис. 1, А и А'), тогда как у рыбного завода грацилярия образует смешанные фитоценозы совместно с *Ulva rigida* Ag., *Codium vermilara* (Oliv.) Delle Chiaje, *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. и *Ceramium rubrum* (Huds.) Ag. (рис. 1, Б и Б'). В районе городской больницы *G. verrucosa* занимает подчиненное положение: на глубине 10 м она входит в состав цистозировой ассоциации, а на глубине 15 м — хондриевой (рис. 1, В и В').

На рассматриваемых участках в широком интервале изменяется соотношение руководящих видов в фитоценозах. У мыса Любви на глубине 10 м биомасса грацилярии достигает в зимне-весенний период 67—69 % и в летне-осенний 99—100 % общей биомассы растительного сообщества. В периоды массового развития грацилярии индекс видового разнообразия *H* фитоценоза снижается до 0—0,13, что указывает на простое сложение растительного покрова. Зимой и весной значение *H* сообщества увеличивается до 1,4 за счет появления зимних форм во-

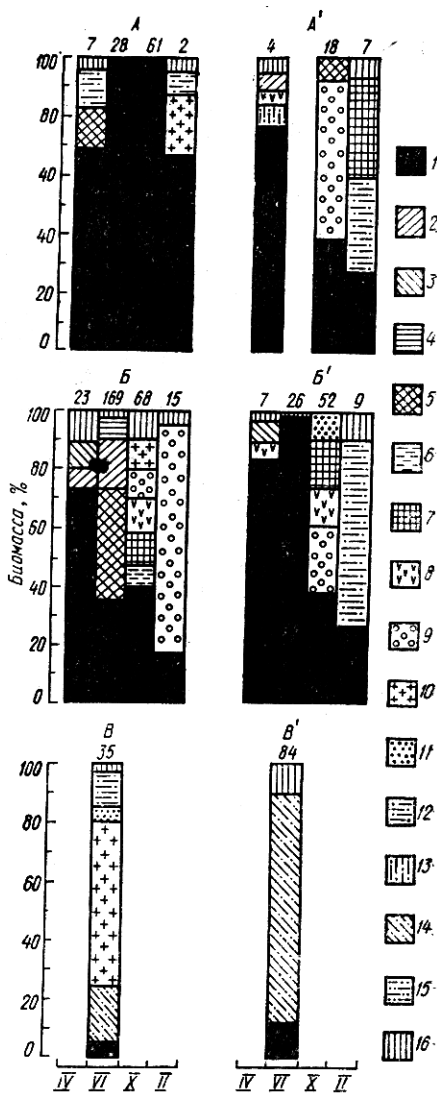


Рис. 1. Изменение биомассы руководящих видов в грациляриевых фитоценозах у мыса Любви (А), в районе рыбзавода (Б) и городской больницы (В) на глубине 10 (А, Б, В) и 15 (А', Б', В') м:

Gracilaria verrucosa (1), *Ceramium rubrum* (2), *Ectocarpus* (3), *Cladophora* (4), *Ulva rigida* (5), *Laurencia coronopus* (6), *Cystoseira crinita* (7), *Nereia* (8), *Codium vermilara* (9), *Cystoseira barbata* (10), *Laurencia obtusa* (11), *Gelidium latifolium* (12), *Gelidium crinale* (13), *Chondria* (14), *Polysiphonia* (15), прочие виды (16).

Таблица 1. Изменение индекса видового разнообразия *H* грациляриевых фитоценозов в Новороссийской бухте

Сезон	Мыс Любви		Рыбный завод		Городская больница	
	10 м	15 м	10 м	15 м	10 м	15 м
Весна	1,39	1,29	1,51	0,92	—	—
Лето	0	—	1,97	0,11	1,89	1,18
Осень	0,13	1,28	2,48	2,15	—	—
Зима	1,41	1,95	1,05	1,52	—	—

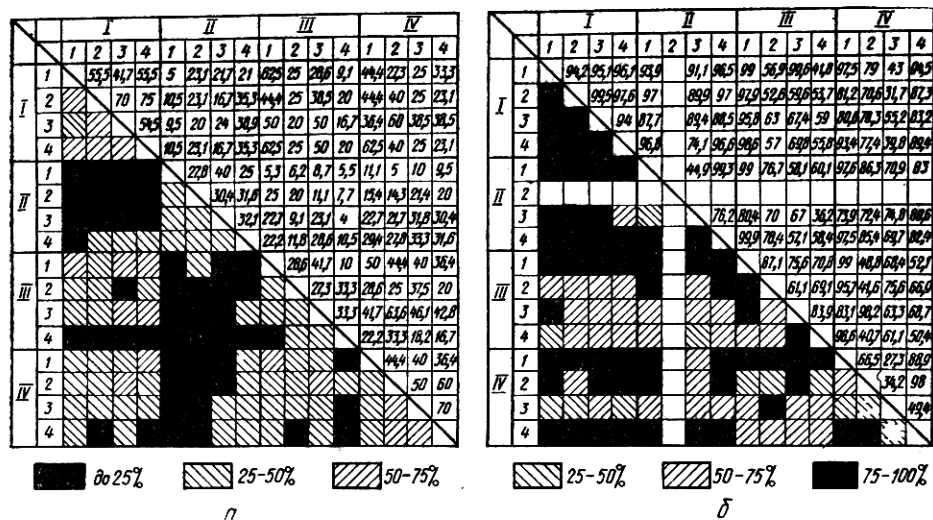


Рис. 2. Коэффициенты общности видов (а) и сходства биомассы (б) грациляриевых фитоценозов между различными районами, сезонами и глубинами у мыса Любви на глубине 10 (I) и 15 (2) м, в районе рыбзавода на глубине 10 (3) и 15 (4) м весной (I), летом (II), осенью (III) и зимой (IV).

дорослей (табл. 1). На глубине 15 м грациляриевые фитоценозы по структуре более сложны и менее подвержены сезонным изменениям. Величина H' изменяется от 1,28 до 1,95. Руководящее положение в сообществе грацилярия занимает только весной и достигает 77 % общей биомассы. В остальные сезоны доля участия *G. verrucosa* снижается до 28—39 % от общей биомассы фитоценоза.

Еще более сложная структура грациляриевых сообществ представлена у рыбного завода. Однако по сравнению с мысом Любви здесь

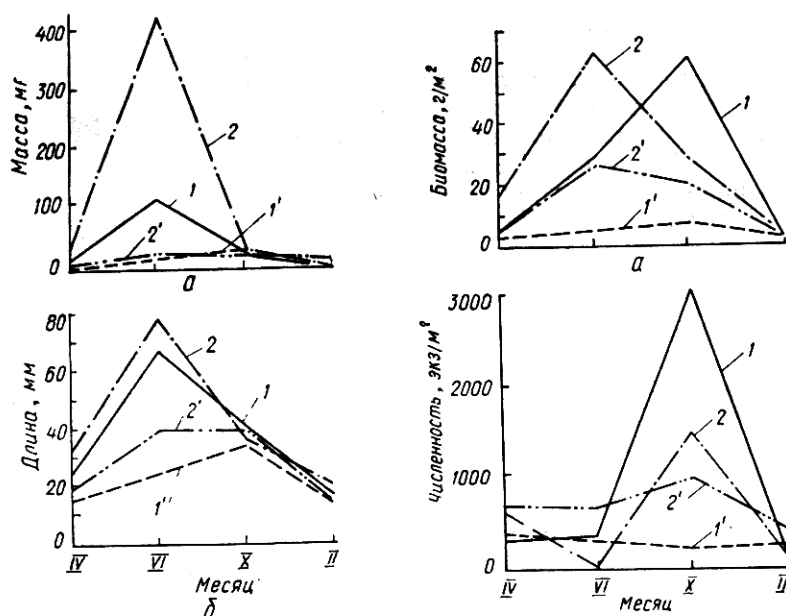


Рис. 3. Изменение средней массы (а) и длины (б) слоевища грацилярии по сезонам у мыса Любви (1), в районе рыбзавода (2) на глубине 10 (1, 2) и 15 (1', 2') м.

Рис. 4. Сезонная динамика биомассы (а) и численности (б) грацилярии у мыса Любви (1) и в районе рыбзавода (2) на глубине 10 (1, 2) и 15 (1', 2') м.

Т а б л и ц а 2. Сезонная динамика сапробного состава водорослей
в грацилярных фитоценозах

Район	Глубина, м	Сезон	Группа			Общее число видов
			Олигосапроб- ная	Мезосапроб- ная	Полисапроб- ная	
Мыс Любви	10	Весна	$\frac{3^*}{42,8}$	$\frac{3}{42,8}$	$\frac{1}{14,4}$	$\frac{7}{21,2}$
			$\frac{7}{50}$	$\frac{7}{50}$	—	$\frac{14}{42,4}$
		Лето	$\frac{3}{50}$	$\frac{3}{50}$	—	$\frac{6}{18,2}$
			$\frac{4}{66,7}$	$\frac{2}{33,3}$	—	$\frac{6}{18,2}$
		Осень	$\frac{2}{28,6}$	$\frac{4}{57,1}$	$\frac{1}{14,3}$	$\frac{7}{26,9}$
			$\frac{3}{33,3}$	$\frac{6}{66,7}$	—	$\frac{9}{34,6}$
		Зима	$\frac{2}{66,7}$	$\frac{1}{33,3}$	—	$\frac{3}{11,6}$
			$\frac{5}{71,4}$	$\frac{2}{28,6}$	—	$\frac{7}{26,9}$
	15	Весна	$\frac{4}{44,4}$	$\frac{4}{44,4}$	$\frac{1}{11,2}$	$\frac{9}{18,4}$
			$\frac{10}{47,6}$	$\frac{10}{47,6}$	$\frac{1}{4,8}$	$\frac{21}{42,9}$
		Лето	$\frac{8}{72,7}$	$\frac{3}{27,3}$	—	$\frac{11}{22,4}$
			$\frac{5}{62,5}$	$\frac{3}{37,5}$	—	$\frac{8}{16,3}$
		Осень	$\frac{3}{42,9}$	$\frac{4}{57,3}$	—	$\frac{7}{18,9}$
			$\frac{8}{50}$	$\frac{7}{43,7}$	$\frac{1}{6,3}$	$\frac{16}{43,3}$
		Зима	$\frac{5}{100}$	—	—	$\frac{5}{13,5}$
			$\frac{6}{66,7}$	$\frac{3}{33,3}$	—	$\frac{9}{24,3}$
Рыбный завод	10	Весна	$\frac{4}{44,4}$	$\frac{4}{44,4}$	$\frac{1}{11,2}$	$\frac{9}{18,4}$
		Лето	$\frac{10}{47,6}$	$\frac{10}{47,6}$	$\frac{1}{4,8}$	$\frac{21}{42,9}$
		Осень	$\frac{8}{72,7}$	$\frac{3}{27,3}$	—	$\frac{11}{22,4}$
		Зима	$\frac{5}{62,5}$	$\frac{3}{37,5}$	—	$\frac{8}{16,3}$
Городская больница	10	Весна	$\frac{3}{42,9}$	$\frac{4}{57,3}$	—	$\frac{7}{18,9}$
		Лето	$\frac{8}{50}$	$\frac{7}{43,7}$	$\frac{1}{6,3}$	$\frac{16}{43,3}$
		Осень	$\frac{5}{100}$	—	—	$\frac{5}{13,5}$
		Зима	$\frac{6}{66,7}$	$\frac{3}{33,3}$	—	$\frac{9}{24,3}$
	15	Весна	$\frac{14}{70}$	$\frac{5}{25}$	$\frac{1}{5}$	20
		Лето	$\frac{9}{75}$	$\frac{2}{16,7}$	$\frac{1}{8,3}$	12
		Осень	—	—	—	—
		Зима	—	—	—	—

* Над чертой — число видов, под ней — процент.

Таблица 3. Гидрохимические данные, полученные на разрезах в Новороссийской бухте в июне 1978 г. на глубине 10 м

Разрез	Участок пробы	Растворенный кислород, мл/л	Окисляемость, мг О/л	БПК, мл О/л	Фосфаты	Эфир. раствор. в-ва, мл/л
Мыс Любви	Поверхность	6,8	1,11	1,17	16,2	4,0
	Дно	8,74	4,45	8,13	4,3	0,6
Рыбный завод	Поверхность	6,25	0,44	1,27	—	7,9
	Дно	7,02	4,14	6,23	8,7	13,4

наибольшего развития грацилярия достигает на глубине 15 м. В весенне-летний период ее биомасса составляет 84—98 %, а в осенне-зимний — 27—38 % общей биомассы фитоценоза. Индекс видового разнообразия соответственно изменяется от 0,11 (летом) до 2,15 (осенью). Ядро ассоциации составляют *G. verrucosa*, *Godium vermilara*, *Cystoseira barbata* (Good. et Wood.) Ag., *C. crinita* (Desf.) Bory, *Nereia filiformis* (J. Ag.) Zanard., *Laurencia coronopus* J. Ag.

На глубине 10 м общая биомасса сообщества колеблется от 15 до 169 г/м², а величина *H* — от 1,05 до 2,48. Доля грацилярии в растительном покрове изменяется от 17 (зимой) до 73 % (весной) по отношению к общей биомассе водорослей.

У городской больницы грацилярия произрастает в незначительном количестве. Ее биомасса в июне составляет на глубине 10 м 6 г/м², а на глубине 15 м — 12 г/м². За счет массового развития *C. barbata*, *Chondria tenuissima* (Good. et Wood.) Ag., *Gelidium latifolium* и других видов индекс видового разнообразия растительных сообществ высок и достигает 1,89 и 1,18.

В целом биомасса грациляриевых фитоценозов на исследованных участках Новороссийской бухты небольшая. Это связано со слабым проективным покрытием растительности (5—20 %), поэтому величина коэффициента общности видов *K*₀ между различными участками и сезонами составляет 4—75 % (рис. 2). Наибольшее сходство в видовом составе фитоценозов отмечено между исследованными участками весной и зимой, а наименьшее — летом и осенью. Биомасса грациляриевых фитоценозов довольно низка и мало изменяется по сезонам. Коэффициент сходства биомассы *P* между сезонами на исследованных участках высок и приближается к 100 % (рис. 3).

В грациляриевых фитоценозах обнаружено 37 видов водорослей, из них зеленых — 6, бурых — 8 и красных — 23. Олигосапробные организмы составляют 20 (54 %) видов, полисапробные — 2 (5,5 %), а на долю представителей мезосапробной флоры приходится 40,5 %. Это свидетельствует о том, что по составу флоры исследованные районы бухты с глубинами 10—15 м принадлежат к участкам со средней степенью загрязненности. Больше всего загрязнено побережье у мыса Любви. Весной на глубине 15 м мезо- и полисапробные виды составляют 71,4 %, а у рыбного завода — 57,1 %, причем полисапробные формы здесь отсутствуют (табл. 2). Проведенные

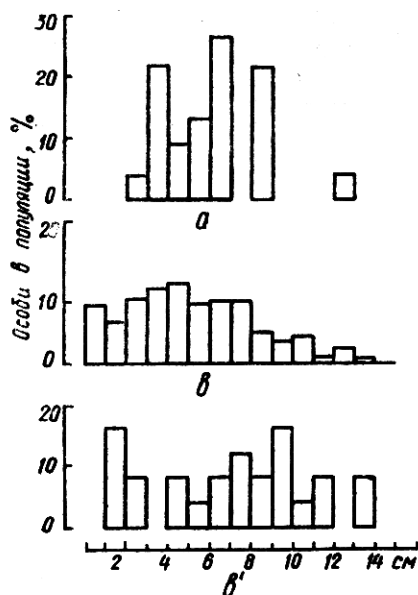


Рис. 5. Размерный состав популяции грацилярии у восточного мола (а) и в районе городской больницы на глубине 15 (а) и 10 (б, в) м в июне 1978 г.

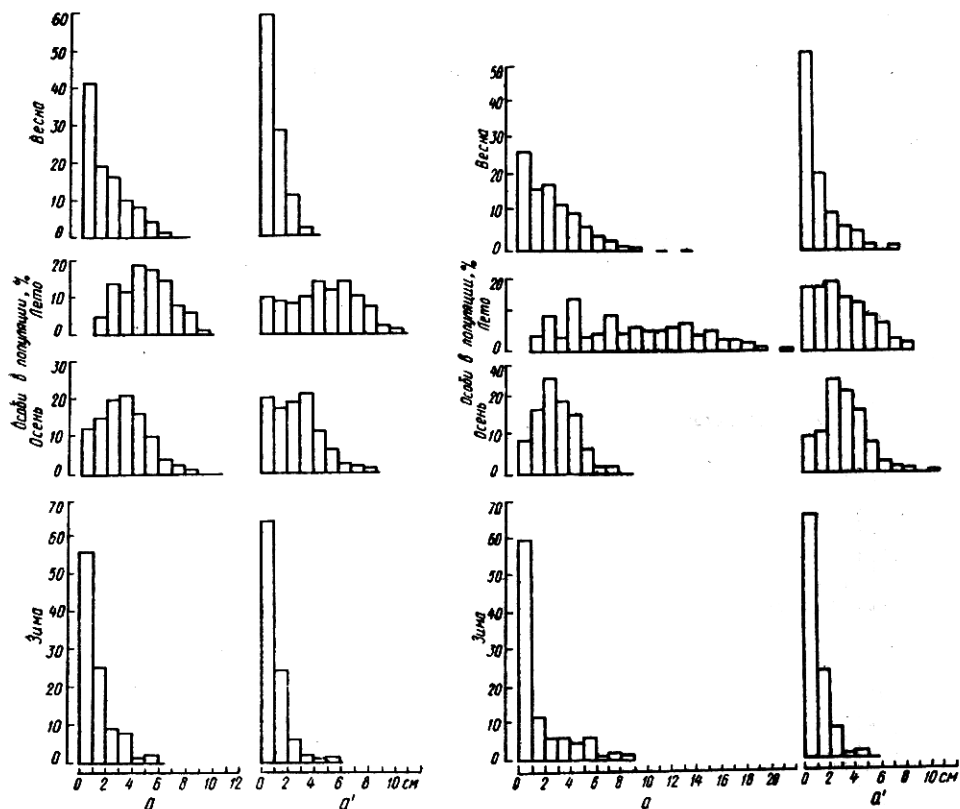


Рис. 6. Сезонная динамика размерного состава популяций грацилярии у мыса Любви на глубине 10 (а) и 15 (а') м.

Рис. 7. Сезонная динамика размерного состава популяций грацилярии у рыбного завода на глубине 10 (а) и 15 (а') м.

наблюдения подтверждаются гидрохимическими данными, полученными у дна и у поверхности воды (табл. 3). Количество растворенного кислорода у мыса Любви и рыбного завода высокое — 6,8—8,74 мл/л, причем в обоих случаях характерно увеличение содержания кислорода с глубиной, что, вероятно, можно объяснить большей загрязненностью поверхностного слоя воды. Данные БПК₅ показывают, что эти районы сильно загрязнены: величина БПК₅ достигает в районе рыбного завода 6,23, а у мыса Любви — 8,13 мг О₂/л. Содержание в воде фосфора, необходимого для питания водорослей, наоборот, у рыбного завода на глубине 10 м в 2 раза больше, чем у мыса Любви.

Для более детального изучения структуры грациляриевых фитocenозов проведен сравнительный анализ длины, массы и численности водорослей. В весенний период на всех участках отмечено увеличение численности, длины и массы растений, возрастает общая биомасса грацилярии (рис. 3 и 4). Самые крупные особи встречаются летом. Наибольшие средняя длина (77,7 мм) и масса (0,43 г) слоевища отмечены у рыбного завода на глубине 10 м,

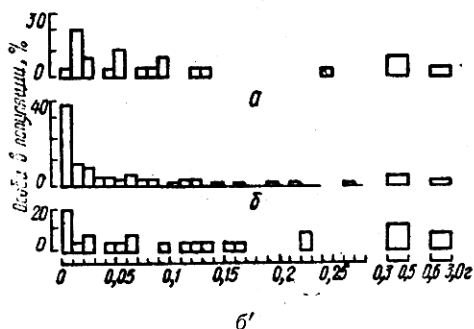


Рис. 8. Массовый состав популяций грацилярии у восточного мола (а) и в районе городской больницы на глубине 15 (б) и 10 (б') м в июне 1978 г.

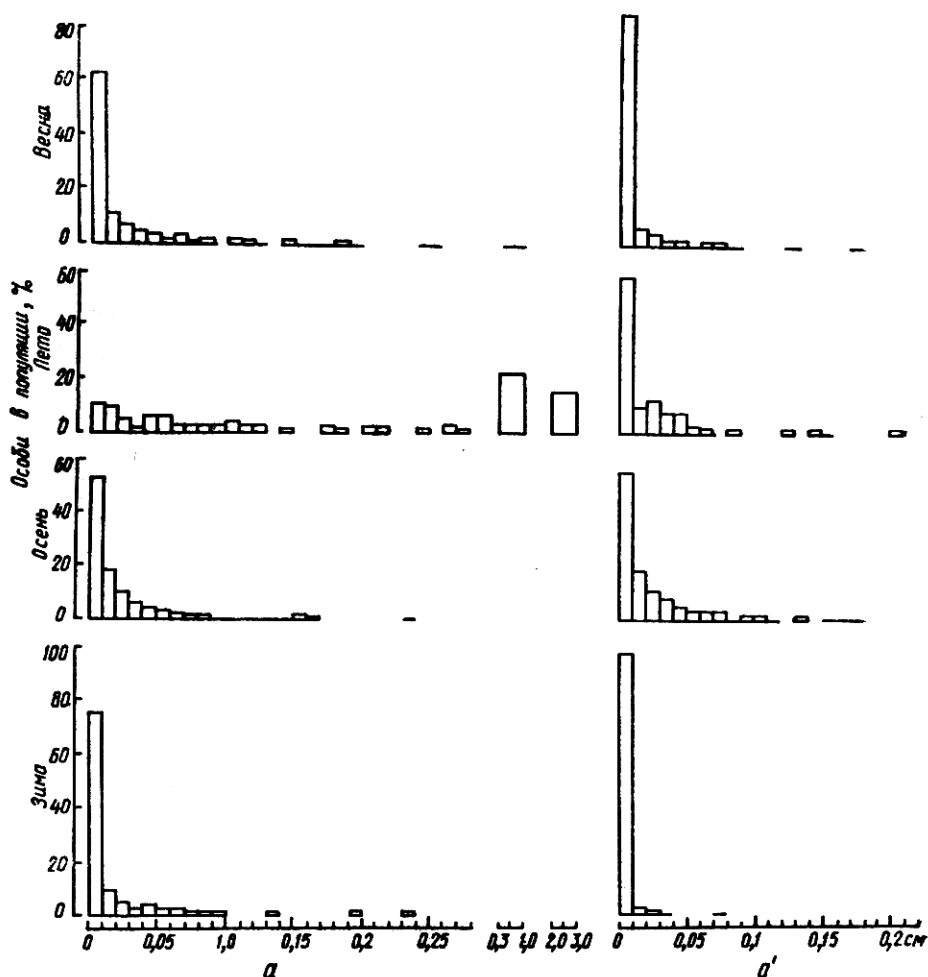


Рис. 9. Сезонная динамика массового состава популяций грацилярии в районе рыб-завода на глубине 10 (а) и 15 (а') м.

а численность — осенью. Максимальное количество особей в этот период наблюдается у мыса Любви на глубине 10 м и достигает 2968 экз/м². Зимой на всех исследованных участках заросли грацилярии изреживаются: уменьшаются длина и масса слоевища. Осенью у рыбного завода на глубине 15 м численность грацилярии достигает 964 экз/м², длина и масса особей — 38,8 мм и 0,02 г. В зимний период эти величины снижаются в два и более раз.

Между средней численностью, с одной стороны, длиной и массой слоевища грацилярии — с другой, существует обратная зависимость. При высокой плотности популяций средняя масса и длина особей снижаются, а при низкой — возрастают; при численности в 17 экз/м² средняя длина и масса грацилярии достигают 76 мм и 0,29 г. При увеличении численности до 215 экз/м² средняя длина и масса слоевища уменьшаются до 54,8 мм и 0,06 г.

Размеры и масса слоевища грацилярии также зависят от глубины произрастания. На глубине 10 м и длина особей больше в 2 раза, а масса в 4 раза, чем на глубине 15 м.

Размерный состав популяции грацилярии изменяется от нескольких миллиметров до 22 см. Максимальная величина отмечена летом у рыбного завода на глубине 10 м (рис. 5—7). В среднем преобладают экземпляры длиной 3—8 см. Осенью на всех участках длина таллома немного уменьшается, а минимальная длина растений наблюдается

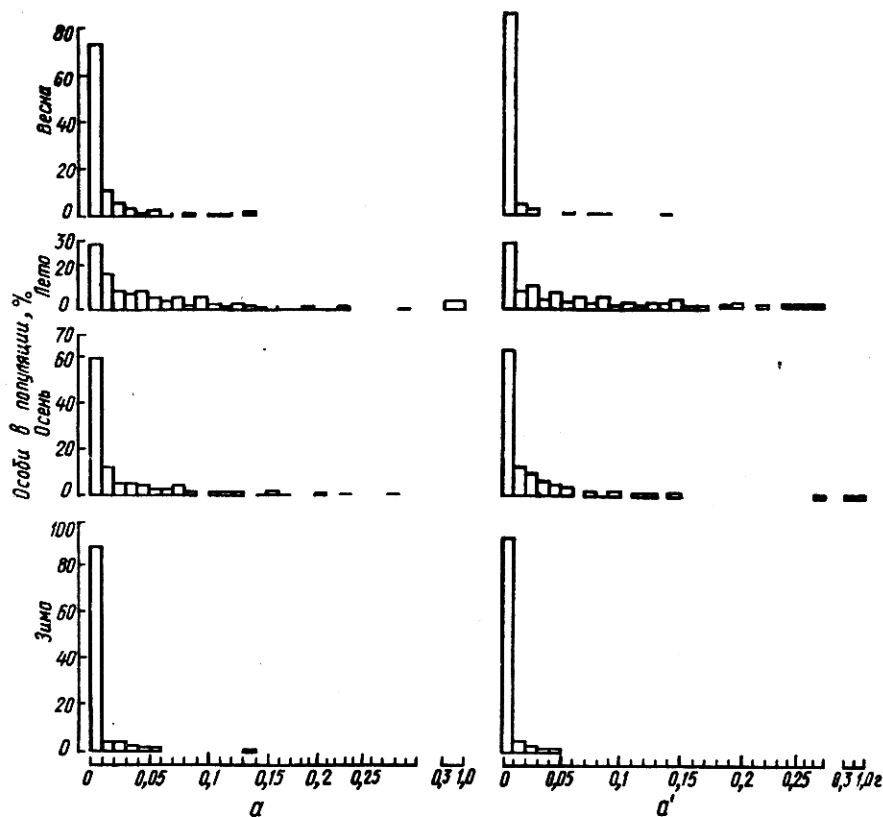


Рис. 10. Сезонная динамика массового состава популяций грацилярии у мыса Любви на глубине 10 (а) и 15 (а') м

зимой. В этот период на слоевища длиной в 1—2 см приходится около 100 % особей в популяции.

Популяция грацилярии на глубине 10 м состоит из более крупных особей, чем на глубине 15 м. Так, летом у мыса Любви на глубине 10 м на слоевища длиной 5—7 мм приходится 51,9 % особей, а на глубине 15 м — 41,1 %.

Массовый состав грацилярии также отличается большой неоднородностью (рис. 8—10). Масса растений в популяции составляет 0,01—0,04 г. Наиболее крупные особи встречаются летом, особенно в районе рыбного завода на глубине 10 м. На этом участке некоторые экземпляры достигают массы 2,55 г. Динамика длины и массы слоевищ по сезонам и глубинам произрастания сходна.

Выводы. 1. Прикрепленная форма *G. verrucosa* в Новороссийской бухте на глубине 8—15 м образует простые (мыс Любви) и смешанные (рыбный завод) фитоценозы, достигающие наибольшего развития в весенне-летний период. 2. На исследованных участках грациляриевых фитоценозов обнаружены 37 видов водорослей, из них 54 % составляют олигосапробные и 46 % — мезо- и полисапробные. Эти данные свидетельствуют о принадлежности исследованных районов бухты к участкам со средней степенью загрязнения. 3. Между плотностью популяции и глубиной ее обитания, с одной стороны, средней массой и длиной слоевищ грацилярии — с другой, существует обратная зависимость: чем выше плотность популяции и глубина произрастания, тем меньше длина и масса растений. 4. Размерно-массовый состав популяций грацилярии зависит от сезона и местообитания. Максимальное количество крупных особей, %, отмечено в летний период на глубине 10 м и на менее за-

грязненном участке (рыбный завод). С возрастанием глубины (15 м) и степени загрязненности (до 8 мг O_2 /м) популяция грацилярии мельчает, а средние длина и масса особей снижаются в 2—3 раза.

1. Воронов А. Г. Геоботаника. — М.: Высш. школа, 1973. — 383 с.
2. Зинова А. Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. — Л.: Наука, 1967. — 397 с.
3. Изучение химического состава и обоснование путей использования малоизученных и перспективных водорослей Черного и Балтийского морей / С. В. Красильников, Д. В. Микулич, Н. В. Миронова и др. — В кн.: Тез. докл. на III Всесоюз. совещ. по мор. альгологии—макрофитобентосу, Севастополь, окт., 1979. Киев: Наук. думка, 1979, с. 80—81.
4. Калугина-Гутник А. А. Исследование донной растительности Черного моря с применением легководолазной техники. — В кн.: Морские подводные исследования. М.: Наука, 1969, с. 105—113.
5. Калугина-Гутник А. А. Возможности культивирования *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf. в Черном море. — Растит. ресурсы, 1978, 14, с. 273—278.
6. Калугина-Гутник А. А. Макрофитобентос. — В кн.: Основы биологической продуктивности Черного моря. Киев: Наук. думка, 1979, с. 123—142.
7. Миронова Н. В. Анатомо-морфологическая характеристика грацилярии Черного моря. — В кн.: Тез. докл. на III Всесоюз. совещ. по мор. альгологии—макрофитобентосу, Севастополь, окт., 1979. Киев: Наук. думка, 1979, с. 93—95.
8. Ярошенко П. Д. Геоботаника. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961. — 474 с.
9. Wilm J. L. Use of biomass units in shannon's formula. — Ecology, 1968, 49, N 1, p. 153—156.

Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР

Получено 11.02.82

N. V. MIRONOVA
**SEASONAL DYNAMICS
OF PHYTOCENOSIS AND CENOPULATION STRUCTURE
OF THE NOVOROSSISK BAY GRACILARIA VERRUCOS**

Summary

Attached-form populations of *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf. from the Novorossiisk Bay have been discussed for seasonal dynamics of number, biomass, size and mass composition. Quantitative indices of *Gracilaria verrucosa* are found to depend on depth, temperature, oxygen amount and BOD_5 value.

УДК 582.272.7:581.143:543.842

А. В. ПРАЗУКИН

**УДЕЛЬНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ ОСЕВЫХ СТРУКТУР
CYSTOSEIRA BARBATA (GOOD. ET WOOD.) AG.
КАК РЕГУЛЯТОР ВХОДНОГО ПОТОКА УГЛЕРОДА**

Изменение функциональных параметров морских растений в онтогенезе изучено очень мало. Особенно это относится к растениям со сложной макроструктурой, например, такой, какую имеют ветви цистозиры — одного из доминирующих видов черноморских фитоценозов. Изменение макроструктуры [4, 3] ветвей цистозиры в возрастном ряду $t_1 \rightarrow t_n$ схематически показано на рис. 1. Интенсивность фотосинтеза у осей разных порядков различна [2]. Осевые структуры различаются индивидуальными морфологическими параметрами, которые изменяются с возрастом ветви [2]. Очевидно, что входной поток углерода целой ветви складывается из суммы потоков углерода осей разного порядка, поэтому изменение соотношения осей разных порядков, а также изменение индивидуальных морфологических параметров осей каждого порядка в онтогенезе ветви могут регулировать внешний углеродный обмен, в частности входной поток углерода целой ветви. Настоящая работа