

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ISSN 0203-4646

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ

1871



ИНБЮМ

28
—
1988

И. К. ЕВСТИГНЕЕВА

НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ БИОЛОГИИ ЛАУРЕНЦИЙ В ЧЕРНОМ МОРЕ

Черноморские лауренции относятся к числу малоизученных водорослей. Предполагаемое использование их в качестве объектов марикультуры обусловило необходимость изучить их биологические особенности. Так как от знания биологии вида зависит представление о его продукционных возможностях, огромное значение имеют исследования сезонной динамики роста, размножения, численности, биомассы. Результаты изучения процессов роста и развития лауренций, динамики размерной и возрастной структур популяций в процессе онтогенеза были опубликованы ранее [6—8]. Задача настоящей работы — определить сроки и способы размножения лауренций в Черном море, исследовать генеративную структуру популяций некоторых массовых видов лауренций в различных местообитаниях. Это позволит проследить за сменой генераций, определить соотношение гаметофитов и спорифита в природных популяциях и выявить сроки их развития.

Материал и методика. Материалом для данных исследований послужили фитобентосные пробы, собранные в 1978—1981 гг. в районе Севастопольской бухты (бухты Омега, Песочная, Казачья) и у Карадага. Ежемесячно отбирали по четыре пробы на глубине 0,5 м рамкой размером 25×25 см. Во время летней экспедиции в районе Карадага был выполнен разрез, охвативший глубины 1, 3, 5, 10, 15 и 20 м. При исследовании анатомических элементов слоевища пользовались световым микроскопом МБИ-3. На поперечном срезе измеряли длину (высоту) и ширину клеток корового, промежуточного и центрального слоев в основании, средней части и у вершины главной оси слоевища. Кратность измерения равна 20. Для описания формы клеток применяли индекс (F), вычисленный по формуле

$$F = \frac{\bar{x}_{\text{дл}}}{x_{\text{шир}}},$$

где $\bar{x}$ — среднеарифметическое значение признака [3]. При изучении анатомо-морфологической структуры видов, строения их органов размножения применяли зарисовки, сделанные рисовальным аппаратом РА-1.

Результаты и обсуждение. В цикле развития видов рода *Laurencia* Lamour. чередуются генетически различные и независимо существующие генерации — гаплоидный гаметофит и диплоидный спорифит, представленные нормально развитыми макроскопическими растениями. Некоторым видам лауренций свойственно и вегетативное размножение — фрагментация талломов на части (*Laurencia obtusa* (Huds.) Lamour.) и стелющимися побегами, дающими начало новым особям (*Laurencia papillosa* (Forsk.) Grev.).

Лауренция чашевидная — *Laurencia coroporus* J. Ag. — Размножается бесполом способом (тетраспорами) и половым (мужскими и женскими гаметами). Мужские гаметы (спермации) образуются в антеридиальных рецептакулах, напоминающих по форме блюдце и расчлененных на 3—5 лопастей (рис. 1). Женские гаметы формируются в шаровидных сидячих цистокарпах, располагающихся на конечных веточках и вблизи вершины ствола.

В бухтах Омега и Песочная антеридиальные рецептакулы появляются зимой (декабрь—февраль) при температуре воды +8°C. Кроме мужских растений в зимних популяциях встречаются мелкие молодые стерильные особи, у которых апикальные участки боковых ветвей снаб-

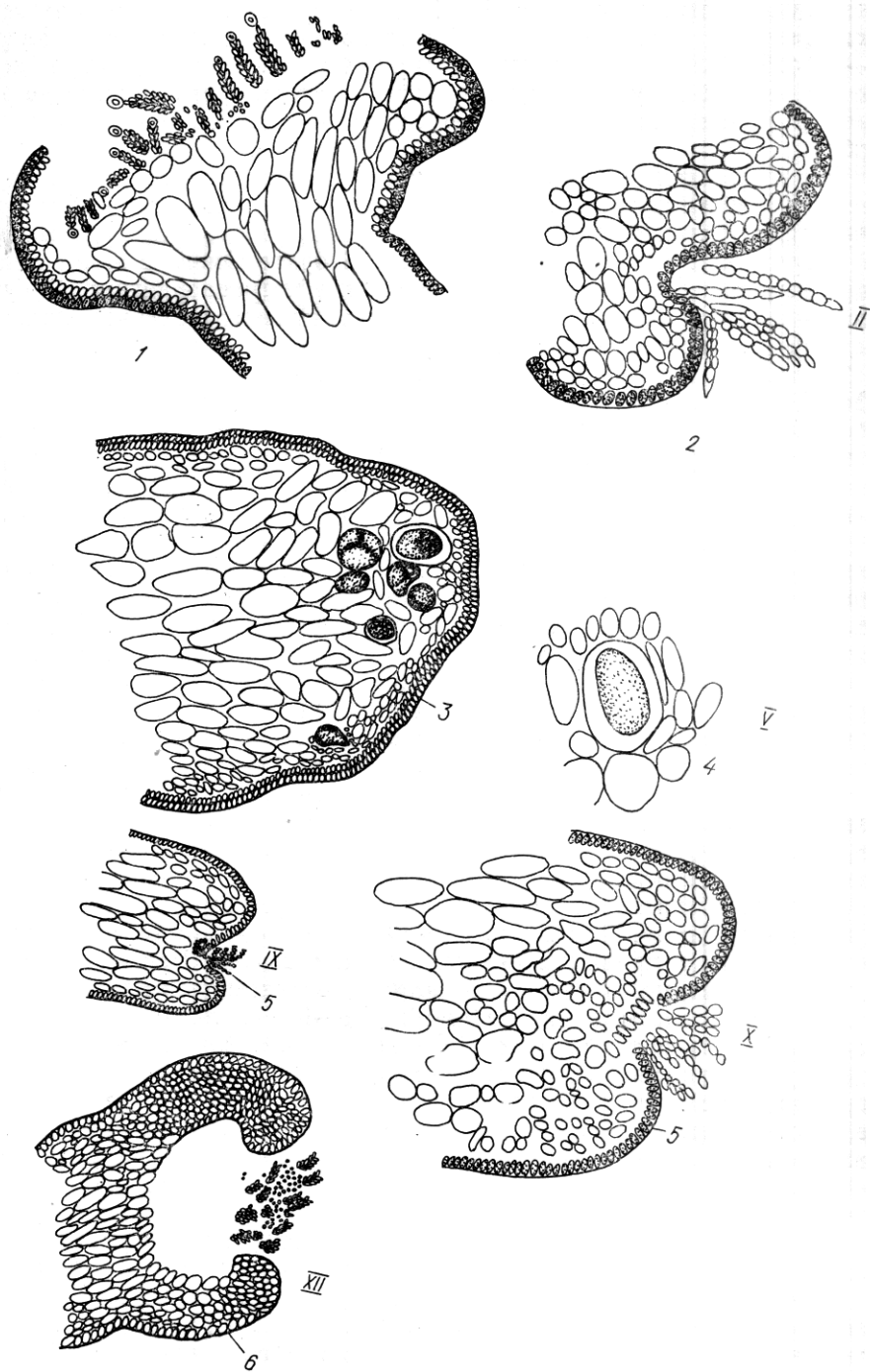


Рис. 1. Поперечный срез апикальных участков боковых ветвей *L. sogonorus*: 1 — антеридиальный рецептакул, 2, 5 — конец веточки со стерильным трихобластом, 3 — апикальный участок стихидиальной веточки, 4 — тетраспорангий ($\times 140$), 6 — сперматии, покидающие антеридиальный рецептакул; II, V, IX, X, XII — месяцы

жены короткими слабоветвящимися трихобластами, и спорофиты, взрослые особи которых имеют цилиндрические конечные ветви и многочисленные пролификации на главном стволе.

Весеннее повышение температуры воды до $+15^{\circ}\text{C}$ способствует массовому развитию спорофитов, характеризующихся ярко-желтыми прозрачными слоевищами с толстыми боковыми ветвями, уплощенными

у вершин. В этот период пролификации отсутствуют или от них остаются следы в виде «пеньков». Тетраспорангии достигают размеров $44-87 \times 65-131$ мкм. В мае их содержимое делится на четыре части. Поздней весной в бухте Песочная были зарегистрированы женские растения с цистокарпами, а в бухте Омега — малочисленные мужские особи.

Во второй половине лета появляется новое поколение, вегетирующее непродолжительный срок. Поэтому в июле при температуре воды $21-23^\circ\text{C}$ популяция лауренции состояла из молодых стерильных особей с трихобластами из мелких клеток. В бухте Омега в конце лета у отдельных растений наблюдалась закладка тетраспорангиев. В бухте Песочная в это время еще встречались немногочисленные женские растения и зрелые спорофиты.

Осенью температура воды в исследуемых районах снижается до $+14^\circ\text{C}$. Плодоносящие особи в этот период встречаются редко: в октябре были зарегистрированы единичные мужские растения, а основную часть популяции составляли особи летней генерации, у которых происходила закладка тетраспорангиев. Мужские растения, единичные осенью, преобладали в зимних популяциях лауренции чашевидной.

В районе Карадага массовое вегетирование гаметофита и спорофита отмечалось в июле. Тетраспорофиты, обильно представленные в популяциях на глубине $0,5-1$ м, имели крупные слоевища, главный ствол которых ветвился в одной плоскости с образованием уплощенных ветвей 1-го порядка и многочисленных длинных, цилиндрических, с бугристой поверхностью ветвей 2-го и 3-го порядков. Редко встречающиеся у них пролификации были короткими, а в основании даже молодых спорофитов наблюдалось разрастание корового слоя, образованного клетками двух типов: крупными вытянутыми, формирующими палисадный ряд, и мелкими, темноокрашенными, расположенными в два ряда. Вторичные поровые связи между коровыми клетками не обнаружены. Оболочки клеток промежуточного и центрального слоев тонкие, без лентикулярных утолщений.

Мужские и женские растения были обнаружены на глубине 10 м у Кузьмичева Камня. Для первых было характерно отсутствие уплощенных участков и пролификаций на главном стволе. Ветви 1-го и 2-го порядков длинные, а 3-го — короткие. Индексы формы клеток всех слоев в основании мужских растений ($1,1-1,4$) были ниже, чем у женских ($1,0-3,4$) и стерильных ($1,0-1,6$) особей. Клетки мужских растений расположены компактно, их оболочки тонкие, без вторичных поровых связей. Ствол женских растений уплощен у вершины и в средней части. Коровые клетки этих растений образуют четко выраженный палисадный ряд. Клетки промежуточного слоя мелкие и удлиненные ($F=1,2-1,4$). Их оболочки тонкие ($5,5$ мкм), а лентикулярные утолщения встречаются редко. Изодиаметрические центральные клетки ($F=1,0$) крупнее ($43-46 \times 45-53$ мкм) клеток промежуточного слоя ($23-33 \times 33-44$ мкм). Вторичные поровые связи не обнаружены.

У стерильных растений ствол равномерно цилиндрический с редко расположенными короткими веточками 1-го и 2-го порядков, без пролификаций. Индекс формы коровых клеток вдвое меньше ($1,6$), чем у женских растений ($3,4$). Эти клетки не образуют палисадную структуру. Клетки промежуточного и центрального слоев крупнее ($30-40 \times 40-64$; $50-55 \times 52-58$ мкм), чем гаметофитов, а их стенки имеют лентикулы. Вторичные поровые связи изредка встречаются среди клеток основания главной оси.

Количественное соотношение спорофита и гаметофита в популяции лауренции чашевидной изменяется в зависимости от сезона и района обитания. В бухтах Песочная и Омега при анализе структуры популяции в течение года были обнаружены следующие генерации: стерильные растения ($\bigcirc$), спорофит ($\oplus$) и гаметофит — мужской (σ) и женский (φ). При этом возможны сочетания: $\bigcirc$ и $\oplus$; $\bigcirc$ и σ ; $\oplus$ и $\oplus$;

Генеративная структура популяции лауренции чашевидной

Район, месяц	Номер участка	Количество, экз.	○		⊕		♂		♀	
			Количество, экз.	%	Количество, экз.	%	Количество, экз.	%	Количество, экз.	%
Бухта Песочная, март	1	79	73	92,4	—	—	6	7,6	—	—
	2	40	13	32,5	27	67,5	—	—	—	—
Бухта Песочная, май	1	14	—	—	9	64,3	—	—	5	35,7
	2	15	—	—	13	86,7	2	13,3	—	—
	То же	3	40	—	31	77,5	9	22,5	—	—
	4	45	—	—	45	100	—	—	—	—
	5	82	—	—	82	100	—	—	—	—
Бухта "Омега, май	1	43	33	76,7	10	23,3	—	—	—	—
	2	45	31	68,9	—	—	—	—	14	31,1
	То же	3	28	12	42,9	—	16	57,1	—	—
	" "	4	19	8	42,1	—	11	57,9	—	—

⊕ и ♀ ; ⊕ и ♂ ; ○, ⊕ и ♂. Не было случая, чтобы на одном слоевище цистозиды, служащей субстратом для прикрепления лауренции чашевидной, одновременно присутствовали спорофит и оба гаметофита. Из общего числа проанализированных участков популяции не было ни одного, который бы состоял только из гаметофита или стерильных особей. Отсутствовало и такое сочетание растений, как ♂ и ♀, по крайней мере, со зрелыми репродуктивными органами. В марте в бухте Песочная на первом участке из 79 обследованных особей лауренции подавляющее большинство (73) были лишены каких-либо органов размножения, а на остальных растениях развивались антеридии (таблица). На втором участке популяции из 40 особей более половины (67,5%) приходилось на долю зрелых спорофитов, тогда как остальные растения репродуктивных органов не имели. В мае подавляющее большинство растений было представлено спорофитами. Только в двух случаях обнаружены мужские растения, составившие всего 13,3—22,5% общего числа особей в популяции. Женские растения с хорошо развитыми цистокарпами были отмечены только на одном участке (35,7%).

У входа в бухту Омега в мае популяция исследуемого вида имела иной состав. Каждая из пяти проанализированных группировок содержала стерильные растения, преобладавшие по численности. В состав двух из них входили зрелые спорофиты, четырех — мужские гаметофиты. При этом соотношение мужских растений со стерильными составляло 1:1 (2). Наиболее разнообразный состав популяции был обнаружен на 5-м участке. Из 12 обследованных участков популяции лауренции чашевидной только 5 растений имели цистокарпы со зрелыми карпоспорами.

Лауренция перистонадрезанная — *Laurencia pinnatifida* (Gmel.) Lamour. В цикле развития наблюдается смена бесполого и полового поколений. Тетраспорангии формируются в утолщенных вершинах конечных веточек [2], а антеридиальные рецептакулы — на концах ветвей 2-го порядка в количестве 1—4 [9]. Цистокарпы сидячие, расположенные группами (по 5—6) на конечных веточках.

Летом в районе Карадага на глубине 10 м были собраны споро- и гаметофитные растения. У мужских особей длиной 66 ± 7 мм и массой $0,8 \pm 0,4$ г блюдцевидные антеридии располагались у вершин коротких ветвей 2-, 3- и 4-го порядков или латерально на длинных ветвях 1-го порядка. Слоевища женских растений отличались длинными ветвями 1-го и 2-го порядков (8,3—16,0 мм). Размеры цистокарпов составляли 545×599 —654 мкм, а карпоспор — 44 — 45×131 мкм.

Спорофит лауренции перистонадрезанной отличался от гаметофитов мелкими слоевищами (37 ± 5 мм) с короткими веточками 1- и 4-го порядков.

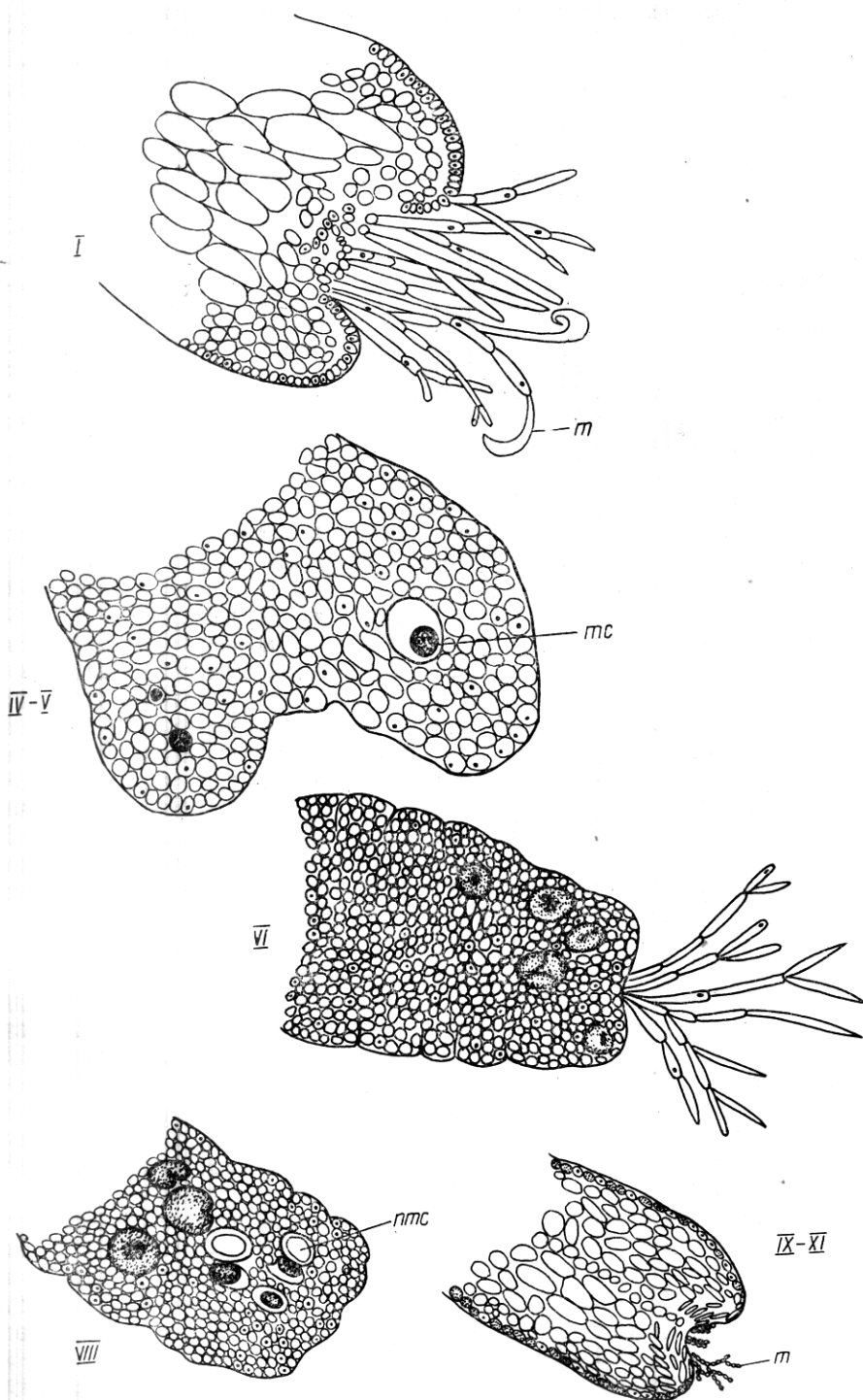


Рис. 2. Продольный и поверхностный срезы апикальных участков папилл *L. papillosa* в различные месяцы; т — трихобласт, тс — тетраспорангий, тс — пустой тетраспорангий; I, IV—V, VI, VIII, IX—IX месяцы

Лауренция многососочковая — *Laurencia papillosa* (Forsk.) Grev. В Черном море размножается бесполом, половым и вегетативным способами. Вегетативное размножение осуществляется с помощью стелющихся побегов, дающих начало дочерним особям, не теряющим связи с материнским растением в течение длительного периода.

Бесполое размножение происходит с помощью тетраспор. Закладка первых тетраспорангиев наблюдается в январе при температуре воды $+8^{\circ}\text{C}$ (бухты Песочная и Омега). Апикальные выемки молодых спорофитов снабжены короткими трихобластами (рис. 2). Основная часть зимних популяций представлена стерильными проростками. Массовое развитие тетраспорангиев, формирующихся в коротких папиллообразных ветвях 3-го и 4-го порядков, происходит в апреле при температуре воды $+12^{\circ}\text{C}$. В этот же период вблизи апикальных выемок боковых ветвей можно обнаружить грозди сперматозоидов. В мае при температуре воды $+12-15^{\circ}\text{C}$ тетраспорофиты представлены мощными янтарно-желтыми растениями с толстыми главной и боковыми осями хрящевидной консистенции, снабженными короткими папиллами. Округлые ($32,7\text{ мкм}$) или слегка вытянутые ($32,7 \times 54,5\text{ мкм}$) тетраспорангии располагаются по 2—6 штук параллельно центральной оси боковой ветви (папиллы). В июне при температуре воды $+18^{\circ}\text{C}$ наблюдается выход спор. После окончания споруляции в конце июля—начале августа по мере повышения температуры воды до $+23^{\circ}\text{C}$ происходит гибель большинства растений. Их место занимают молодые особи с тонким светло-желтым главным стволом и темно-коричневыми боковыми ветвями. На отдельных особях уже в конце августа появляются единичные спорангии. В этот же период в бухте Песочная были зарегистрированы немногочисленные мужские и женские растения. В сентябре популяция лауренции многососочковой представлена стерильными растениями с желтыми веретеновидными или розовыми пирамидальной формы слоевищами. В октябре уровень воды в море снижается на 15—20 см, заросли лауренции при этом полубокобнаются, что влечет за собой гибель большинства растений. Отдельные особи можно встретить только на глубине 40—45 см. Усиливающиеся в этот период штормы приводят к элиминации крупных слоевищ. Поэтому в период с сентября по декабрь все особи в популяции представлены мелкими стерильными растениями.

Лауренция тупая — *Laurencia obtusa* (Huds.) Lamour. Размножается вегетативным, бесполом и половым способами. Считается, что неприкрепленные формы донных водорослей не образуют органов бесполого и полового размножения или же их можно наблюдать крайне редко на тех обрывках или слоевищах, оторванных после закладки этих органов [1, 4, 5]. Однако в бухте Казачья неприкрепленная форма лауренции тупой (*F. laxa*) в отличие от таких же форм цистозир, ульвы и филлофоры имеет органы размножения, так как ее свалы постоянно пополняются обрывающимися с листьев зостеры особями, ранее возникшими из спор. На глубине 3 м тетраспорангии появляются в мае при температуре воды $11-13^{\circ}\text{C}$ в количестве 1—3, располагаясь на стигдиях по параллельному типу. Размеры тетраспорангиев $65,4 \times 76,3\text{ мкм}$. К июню количество их увеличивается почти вдвое. В июле репродуктивные органы на слоевищах исследуемого вида нами не обнаружены. В августе в апикальных выемках конечных веточек появляются стерильные трихобласты длиной 4—6 мкм. На глубине 6 м в это время в популяции были зарегистрированы мужские гаметофиты с широкими, нередко булавовидными апикальными участками боковых ветвей с 1—4 антеридиальными выемками, снабженными фертильными трихобластами. В последующий период, вплоть до января, у неприкрепленной формы лауренции тупой репродуктивные органы отсутствуют.

Выводы. 1. Из четырех исследованных видов черноморских лауренций *L. coronopus* и *L. pinnatifida* размножаются бесполом и половым способами, а *L. obtusa* и *L. papillosa* — еще и вегетативным.

2. Генеративная структура популяций лауренций изменяется в течение года. В зимний период популяция лауренции чашевидной состоит из стерильных растений, спорофитов и мужских гаметофитов. Весной преобладают спорофиты, а мужские и женские растения немногочисленны. Во второй половине лета происходит смена поколений, однако

наряду с молодыми стерильными растениями еще встречаются единичные женские растения и зрелые спорофиты. Осенью плодоносящие экземпляры встречаются редко, а основную часть популяции по-прежнему составляют растения летней генерации. В популяции лауренции много-сосочковой большую часть года (с января по август) вегетирует спорофит. В конце августа в популяции наблюдается смена поколений, поэтому с сентября по декабрь все особи данного вида стерильны. В бухте Казачья на глубине 3 м лауренция тупая в весенне-летний период размножается с помощью тетраспор. Гаметофиты в этом районе не обнаружены.

3. Анатомо-морфологические исследования слоевищ гаметофитов и спорофитов показали, что различия в их строении незначительны и касаются в основном формы и размеров ствола, боковых ветвей и клеток на поперечном срезе.

1. Морозова-Водяницкая Н. В. Эпифитизм и вегетативное размножение цистозир (Cystoseira barbata) в Черном море // Тр. Новорос. биол. станции. — 1940. — 2, № 3. — С. 209—218.
2. Зинова А. Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. — Л.: Наука, 1967. — 397 с.
3. Кондратьева Н. В. Морфология и систематика гормогониевых водорослей, вызывающих «цветение» воды в Днепре и Днепровских водохранилищах. — Киев: Наук. думка, 1972. — 146 с.
4. Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Черного моря. — Киев: Наук. думка, 1975. — 246 с.
5. Петров Ю. Е. Размножение и циклы развития водорослей // Жизнь растений. — М.: Просвещение, 1977. — 3. — С. 38—42.
6. Евстигнеева И. К. Рост *Laurencia obtusa* (Hudson) Lamour. на искусственном субстрате в Черном море // Тез. докл. IV Всесоюз. совещ. по науч.-техн. пробл. марикультуры (Владивосток, 27 сент.—1 окт. 1983 г.). — Владивосток, 1983. — С. 3—5.
7. Евстигнеева И. К. Возрастные этапы в онтогенезе *Laurencia coronopus* J. Ag. Черного моря // Экология моря. — 1983. — Вып. 15. — С. 29—33.
8. Евстигнеева И. К. Возрастная структура эпифитной синузии *L. coronopus* J. Ag. в Черном море // Биологические ресурсы водоемов в условиях антропогенного воздействия. — Киев: Наук. думка, 1985. — С. 8—9.
9. Saito Y. Morphology and infrageneric position of three British species of *Laurencia* (Ceramiales, Rhodophyta) // Phycologia. — 1982. — 21, N 3. — P. 299—306.

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

Получено 01.07.86

I. K. EVSTIGNEEVA

CERTAIN CHARACTERS OF LAURENCIA BIOLOGY IN THE BLACK SEA

Summary

A generative structure is described for populations of four mass species of the Black Sea *Laurencia* in different seasons with detection of periods and ways of their propagation. It is shown that differences in the structure of gametophytes and sporophytes are insignificant and concern the shape and sizes of main stem, side branches and cells on the cross-section.

УДК 595.332:591.1(261)

И. Е. ДРАПУН

СВЯЗЬ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ С МАССОЙ ТЕЛА У ПЛАНКТОННЫХ ОСТРАКОД

Масса тела планктонных остракод является показателем, необходимым для изучения ряда вопросов жизнедеятельности планктонного сообщества (количественное распределение биомассы, питание, дыхание, продукция). Между тем литературных данных об этом мало [4, 10].

Цель нашей работы — определить массу тела отдельных видов остракод и исследовать взаимосвязь массы с линейными размерами особей.