

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
(ФГУП "ТИНРО-центр")

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ

Научная конференция, посвященная
70-летию С.М. Коновалова

25–27 марта 2008 г.



Владивосток
2008

УДК 639.2.053.3

Современное состояние водных биоресурсов : материалы научной конференции, посвященной 70-летию С.М. Коновалова. — Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. — 976 с.

ISBN 5-89131-078-3

Сборник докладов научной конференции «Современное состояние водных биоресурсов», посвященной 70-летию С.М. Коновалова, доктора биологических наук, профессора, директора ТИНРО в 1973–1983 гг., содержит материалы по пяти секциям: «Биология и ресурсы морских и пресноводных организмов», «Тихоокеанские лососи в пресноводных, эстуарно-прибрежных и морских экосистемах», «Условия обитания водных организмов», «Искусственное разведение гидробионтов», «Биохимические и биотехнологические аспекты переработки гидробионтов».

ISBN 5-89131-078-3

© Тихоокеанский научно-исследовательский
рыбохозяйственный центр (ТИНРО-центр),
2008

БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ *UNDARIA PINNATIFIDA* (РНАЕОРНУТА) В ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ

А.В. Скрипцова

Институт биологии моря имени А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия,
askriptsova@mail.ru

Undaria pinnatifida – эндемик тихоокеанско-азиатского региона, ее естественный ареал охватывает побережья Японии, Кореи, Китая. В 20-м столетии она была интродуцирована в Атлантику и южное полушарие. В настоящее время ундария встречается на атлантическом и средиземноморском побережье Франции, Венеции, Португалии, Новой Зеландии, Тасмании, Австралии, Аргентине, Калифорнии (цит. по Skriptsova et al., 2004). У российских берегов *Undaria pinnatifida* произрастает только на Дальнем Востоке в зал. Петра Великого Японского моря.

Ундария (торговое название «вакаме») традиционно используется в пищу в Японии, Корее, Китае. Ежегодное производство вакаме только в этих странах составляет около 500 тыс. т, незначительное количество собирается в Европе. В последнее десятилетие возрос интерес к этой водоросли, благодаря высокой биологической активности ее водных экстрактов (противоопухолевая, противовирусная, антитромботическая; Maquyama et al., 2003; Thompson, Dragar, 2004; Lee et al., 2004).

Undaria pinnatifida является одним из основных объектов марикультуры в странах юго-Восточной Азии. Есть перспективы для выращивания ундарии и в нашей стране. Однако для успешного введения в культуру любого объекта необходимо всестороннее изучение его биологии, экологии в каждой конкретной акватории, определение влияния различных экологических факторов среды на его рост, развитие и химический состав. Несмотря на большую практическую ценность ундарии, данных о ее биологии в зал. Петра Великого крайне мало. Ранее сведения о распространении, росте и развитии этой водоросли в наших водах были даны в работе В.Н. Кулепанова (2005), сезонная динамика роста и содержания альгинатов рассматривалась Скрипцовой с соавторами (Skriptsova et al., 2004).

В представленной работе приведены дополнительные и уточненные данные по биологии и физиологии *Undaria pinnatifida* в зал. Петра Великого Японского моря. Впервые приводятся сведения о морфологическом разнообразии и запасах ундарии в нашем регионе, а также данные об оптимальных условиях выращивания для разных стадий развития водоросли.

Распределение и условия обитания ундарии в зал. Петра Великого. В зал. Петра Великого ундария обитает в бухтах Соболев, Лазурная, у о-вов Энгельма, Лаврова, Желтухина, Рикорда, на мысе Клерка, мысах Скалистый, Таранцева, Михельсона, Андреева, Бутакова, прол. Старка и в зал. Восток у мыса Подосенова и мыса Елизарова. Ранее не было отмечено распространение этого вида в бухте Лазурная, у мыса Андреева и мыса Бутакова (Кулепанов, 2005).

Сведения об условиях обитания ундарии в зал. Петра Великого обобщены в табл. 1. Эта водоросль встречается в основном на южных, юго-западных и юго-восточных оконечностях мысов и участках бухт, обращенных к открытому морю, и, следовательно, наиболее подвергнутых действию волн. Ундария поселяется на относительно мелководных участках до глубины 3-5 м (максимально до 12 м в прол. Старка). Ранее также было показано, что ундария предпочитает селиться в местах с интенсивным водообменом и хорошей обеспеченностью элементами минерального питания на глубине от 0,5 до 6 м (Кулепанов, 2005).

Ундария в зал. Петра Великого не образует чистых зарослей. Она произрастает, как правило, совместно с *Costaria costata*, *Sargassum myabei*, *Desmarestia viridis*, *Tichocarpus crinitus*, *Phyllospadix ewatensis*. Биомасса ундарии в этих зарослях незначительна и составляет в среднем 2-4 кг/м² (табл. 2). Максимальная биомасса ундарии отмечена на мысе Бутакова – 12 кг/м². Проективное покрытие дна ундарией колеблется от 1 до 30 % в зависимости от

места обитания. Наименьшее проективное покрытие отмечено в прол. Старка на косе Дарагана – 1 %, максимальное – у мыса Андреева и мыса Таранцева (30 %). В среднем на большинстве исследованных участков проективное покрытие составляет 20–25 %, что согласуется с данными альгологической съемки, проведенной ТИНРО-центром в 1996 г.

Таблица 1

Условия обитания ундарии в зал. Петра Великого

Участок	Глубина обитания ундарии, м	Грунт	Доминирующие и массовые виды в сообществе	Примечание
мыс Таранцева, мыс Скалистый	0,5-3,0	Скалы	<i>Costaria costata</i> , <i>Desmarestia viridis</i>	Южная и юго-западная оконечность, обращенная к открытому морю
мыс Андреева	0,5-2,5 (5)	Скалы, скальные плиты	<i>Costaria costata</i> , <i>Desmarestia viridis</i> , <i>Palmaria stenogona</i>	Западная и юго-западная оконечность, обращенная к открытому морю
коса Дарагана прол. Старка	2 – 10	Песок с камнями, ракушь	<i>Ulva fenestrata</i> , <i>Desmarestia viridis</i>	Сильное течение
о. Энгельма, о. Лаврова	0,5 – 3	Скалы, скальные плиты, валуны	<i>Costaria costata</i>	Южная оконечность, обращенная к открытому морю
бухта Лазурная	0,5 – 4	Скальные плиты, песок с камнями	<i>Costaria costata</i> , <i>Phyllospadix ewatensis</i> , <i>Tichocarpus crinitus</i> , <i>Desmarestia viridis</i> , <i>Chordaria flagelliformis</i> , <i>Palmaria stenogona</i> , <i>Ulva fenestrata</i>	Юго-восточная часть, обращенная к открытому морю
бухта Соболев	0,5 – 6 (9)	Скалы, скальные плиты	<i>Costaria costata</i> , <i>Ulva fenestrata</i> , <i>Desmarestia viridis</i> , <i>Tichocarpus crinitus</i>	Юго-восточная часть
мыс Бутакова	0,5 – 4 (5)	Скалы, скальные плиты	<i>Costaria costata</i> , <i>Sargassum myabei</i> , <i>Tichocarpus crinitus</i>	Юго-западная оконечность

Запасы ундарии в разных местах обитания в зал. Петра Великого оценены нами впервые (табл. 2). Наименьшие запасы (около 400 кг, площадь зарослей менее 400 м²) обнаружены в бухте Лазурная, наибольшие (53 т при площади зарослей более 7000 м²) у мыса Андреева. Всего в зал. Петра Великого по нашим данным сосредоточено около 92 т ундарии. Площадь зарослей составляет около 24000 м². Приведенные цифры являются заниженными, так как нам не удалось определить биомассу ундарии в ряде мест обитания из-за их труднодоступности. По данным ТИНРО-центра, на этих участках ундария также не образует больших зарослей. Однако даже с учетом неучтенных данных, запасов ундарии в зал. Петра Великого недостаточно для ее промышленной добычи, но эти природные популяции могут быть использованы для получения посадочного материала при промышленной культивировании.

Биологические особенности ундарии в зал. Петра Великого. Анализ морфологии талломов ундарии, произрастающей в разных участках зал. Петра Великого, показал высокое морфологическое разнообразие этой водоросли у берегов Приморья. Оценка степени сходства-различия растений с разными морфологическими признаками позволила объединить их в 5 основных групп (рис. 1). Ундария, произрастающая в Уссурийском заливе (бухта Лазурная, бухта Соболев; рис. 1, Б), отличается от растений из других исследованных мест обитания узкой пластиной (в среднем 28-35 см против 48-63 см с остальной акватории). Характерной особенностью ундарии, поселяющейся на косе Дарагана в прол. Старка (рис. 1, В), является малая длина талломов (не более 40 см) при ширине пластины более 60 см, а также слабая

рассеченность пластины. Близкие по морфологии талломы формируются у ундарии, произрастающей на о-вах Энгельма и Лаврова (рис. 1, Г), однако они характеризуются значительно большей длиной таллома (в 2 раза по сравнению с растениями с косы Дарагана). В южной часть зал. Петра Великого у мыса Бутакова (рис. 1, Г) найдены максимальные по длине растения (средняя длина таллома более 1 м, против 50-70 см из других мест обитания) с длинным стволиком (до 40 см длиной). Водоросли, произрастающие в районе бухта Троица (мыс Таранцева, мыс Андреева, мыс Михельсона), не имеют четко выраженных признаков, отличающих их от растений из других мест обитания, однако совокупность всех проанализированных признаков свидетельствует об их явной морфологической обособленности от ундарии из других мест обитания (рис. 1, А, Е). Фенотипическая дифференциация слоевищ ундарии, по-видимому, обусловлена действием комплекса гидрологических и гидрохимических факторов, основными из которых является интенсивность водообмена и уровень освещения в месте ее произрастания.

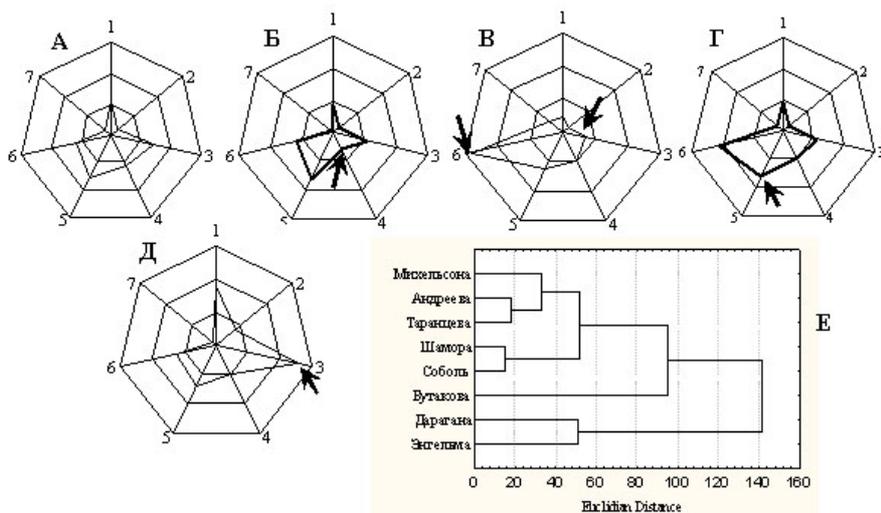


Рис. 1. Морфометрические показатели (А-Д) и дендрограмма сходства-различия (Е) слоевищ *Undaria pinnatifida*, собранных в разных местообитаниях в зал. Петра Великого: А – район б. Троицы; Б – Уссурийский залив; В – пр. Старка коса Дарагана; Г – о-в Энгельма, о-в Лаврова; Д – м. Бутакова; 1 – длина пластины, см; 2 – длина стволика, см; 3 – длина таллома, см; 4 – ширина пластины, см; 5 – отношение длины пластины к длине таллома, %; 6 – ширина нерассеченной части пластины, см x 10; 7 – отношение ширины к длине пластины. Стрелками показаны отличительные признаки растений из разных мест обитания

Появление первых проростков водорослей зафиксировано в начале октября, когда температура воды в заливе опускается ниже 17 °С (рис. 2).

Таблица 2

Запасы ундарии в зал. Петра Великого

Участок	Проективное покрытие дна ундарией	Биомасса, г/м ²	Площадь участка, м ²	Запасы, т
мыс Таранцева	30	4200	2000	8,4
прол. Старка	1	988	10000	9,88
бухта Лазурная	10	1114	400	0,445
о. Энгельма	25	4475	554	2,48
бухта Соболя	25	2533	2500	6,333
мыс Бутакова	25	12878	840	10,817
мыс Андреева	30	7092	7500	53,190
Всего в заливе:			23794	91,545

В это время средняя масса талломов составляет менее 1 г, длина не превышает 8 см (рис. 3). В феврале 50 % популяции представлены ювенильными растениями, у 10 % которых по бокам стволика начинают формироваться спорофиллы. В мае в популяции по-прежнему преобладают ювенильные растения (80 % популяции), до 10 % составляют фертильные взрослые растения. В июле все исследованные растения имели сформировавшиеся спорофиллы с развитыми сорусами. В это время средняя длина растений составляет 58,7 см (максимальная 124 см), масса талломов – более 100 г (максимально 600 г). Полученные значения близки к данным В.Н. Кулепанова (2005), который отмечал, что средняя длина талломов ундарии в бухте Соболя в июне составляет 76 см, масса растения - 420 г. В июне-июле проис-

ходит выход спор из спорангиев и начинается интенсивное разрушение пластины. В начале августа в зал. Петра Великого можно найти только стволы ик ундарии с полуразрушенными спорофиллами.

С октября по июль по мере роста и развития ик ундарии происходит изменение соотношения частей ее таллома (рис. 4). Так, в апреле–мае в период максимального роста водоросли (Skriptsova et al., 2004) относительная масса пластины составляла 67 и 73 % от массы таллома соответственно, доля спорофилл не превышала 6–14 % от массы таллома. В июне с началом спороношения водоросли массовая доля пластины практически не изменялась и достигала 68 % от массы таллома, в это время доля спорофилл увеличивалась до 17 % от общей массы таллома. К концу июля относительная масса пластины уменьшилась до 20 %, основную массу таллома в этот период составляет спороносная ткань – до 76 % от массы таллома. Массовая доля ребра и ризоидов в течение всего периода роста ик ундарии изменялась незначительно. Учитывая, что разные части таллома водоросли имеют разное содержание полезных веществ (альгинаты, фукоиданы и др.) и пищевую ценность (Skriptsova et al., 2004), сведения о сезонных изменениях соотношения частей таллома могут иметь практическое значение при определении срока сбора урожая.

Влияние факторов среды на рост ик ундарии.

Основной фактор, лимитирующий распространение ик ундарии у берегов Приморья, – это температура воды. Для развития соросов и созревания спор *Undaria pinnatifida* требуется температура выше 15 °С. Оптимальной для роста спорофитов ик ундарии является температура 5 °С, скорость роста ювенильных и взрослых растений в этих условиях может достигать 7 и 3 % в сутки соответственно (рис. 5, А). По литературным данным, оптимальной для роста гаметофитов и формирования репродуктивных органов, а также для развития и роста проростков является более высокая температура – 15–20 °С (Morita et al., 2003a, b).

Уровень светового насыщения роста проростков ик ундарии составляет 90–100 мкЕ/м²с⁻¹, дальнейшее увеличение освещенности вызывает ингибирование роста водоросли. Для роста ювенильных и взрослых спорофитов оптимальной является освещенность 240–300 мкЕ/м²с⁻¹ (рис. 5, Б). В этих условиях скорость роста взрослых особей достигает 1,5 % в сутки, молодых талломов – 4 % в сутки.

Добавка нитратного азота в культивационную среду мало влияет на скорость роста проростков и в то же время существенно стимулирует рост ювенильных и взрослых растений ик ундарии (рис. 5, В). Не было отмечено ингибирующего действия нитратов на рост водорослей во всем исследованном диапазоне концентраций.

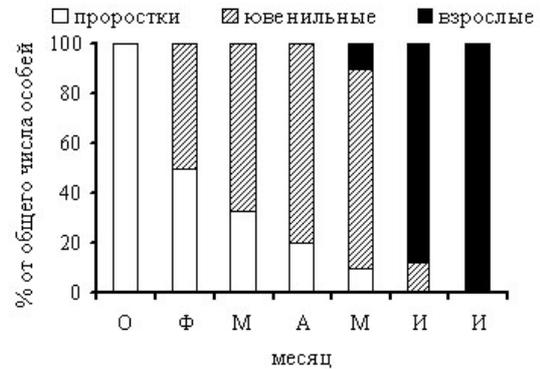


Рис. 2. Сезонные изменения соотношения числа особей на разных стадиях развития ик ундарии в б. Соболев

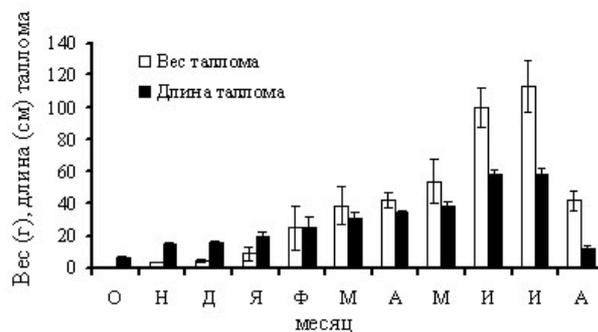


Рис. 3. Сезонные изменения среднего веса и длины талломов *Undaria pinnatifida* в б. Соболев (зал. Петра Великого, Японское море)

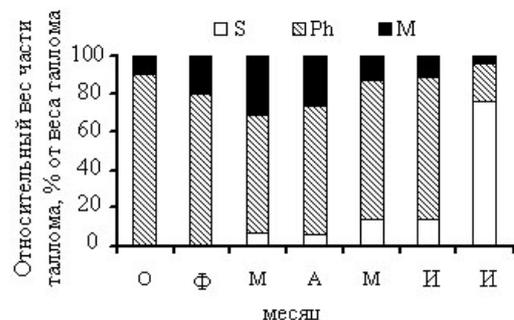


Рис. 4. Сезонные изменения относительного веса разных частей таллома ик ундарии в зал. Петра Великого. S – спорофиллы, Ph – пластина, М – ребро.

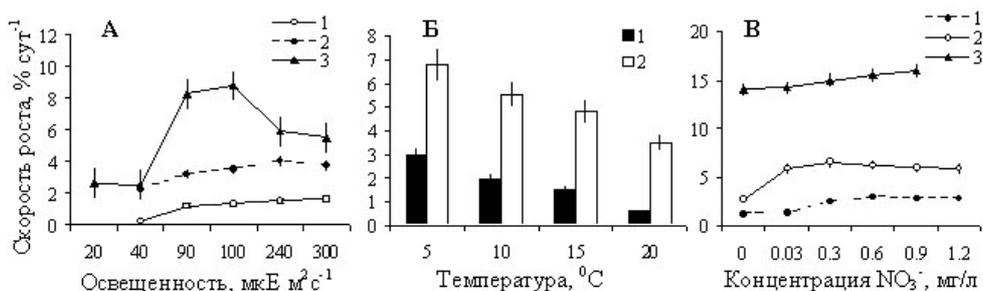


Рис. 5. Влияние освещенности (А), температуры (Б) и концентрации нитратов (В) в среде на рост разных стадий ундарии. 1 – взрослые растения, 2 – ювенильные растения, 3 – проростки.

В результате проведенного исследования уточнены данные по биологии вида в зал. Петра Великого, показано, что в нашем районе ундария вегетирует с октября по август, а не с конца ноября, как считалось раньше. Найдены новые места обитания водоросли у берегов Приморья (мыс Андреева, бухта Лазурная, мыс Бутакова), впервые оценены ее запасы. Сделан вывод, что в зал. Петра Великого *Undaria pinnatifida* не имеет промыслового значения, но может быть перспективна как объект культивирования.

С целью введения ундарии в культуру изучено влияние основных факторов внешней среды на рост разных стадий водоросли. Показано, что оптимальными для роста проростков ундарии являются: температура воды – 15-20 °С, освещенность – 90-100 мкЕ м² с⁻¹, добавка нитратного азота не влияет на рост проростков. Наилучший рост ювенильных и взрослых растений наблюдается при температуре 5 °С, интенсивности света – 240-300 мкЕ м² с⁻¹, концентрации нитратов – выше 0,9 мг/л.

ЛИТЕРАТУРА

- Кулепанов В.Р.** Рост и развитие *Undaria pinnatifida* (Laminariaceae) в заливе Петра Великого (Японское море) // Раст. ресур. – 2005. – Вып. 3. – С. 32-39.
- Lee J.-B., Hayashi K., Hashimoto M., Nakano T., Hayashi T.** Novel antiviral fucoidan from sporophyll of *Undaria pinnatifida* (Makabu) // Chem. Pharm. Bull. – 2004. – Vol. 52(9). – P. 1091-1094.
- Maruyama H., Tamauchi H., Hashimoto M., Nakano T.** Antitumor activity and immune response of Makabu fucoidan extracted from sporophyll of *Undaria pinnatifida* // In vivo. – 2003. – Vol. 17(3). – P. 245-249.
- Morita T., Kurashima A., Maegawa M.** Temperature requirements for the growth of young sporophytes of *Undaria pinnatifida* and *U. undarioides* (Laminariales, Phaeophyceae) // Phycol. Res. – 2003a. – Vol. 51. – P. 266-270.
- Morita T., Kurashima A., Maegawa M.** Temperature requirements for the growth and maturation of gametophytes of *Undaria pinnatifida* and *U. undarioides* (Laminariales, Phaeophyceae) // Phycol. Res. – 2003b. – Vol. 51. – P. 154-160.
- Skriptsova A.V., Khomenko V.A., Isakov V.V.** Seasonal changes in growth rate, morphology and alginate content in *Undaria pinnatifida* at the northern limit in the Sea of Japan (Russia) // J. Appl. Phycol. – 2004. – Vol. 16. – P. 17-21.
- Thompson K.D., Dragar C.** Antiviral activity of *Undaria pinnatifida* against herpes simplex virus // Phytother. Res. – 2004. – Vol. 18(7). – P. 551-555.