

УДК 582.26-119.2:547.458(268.46)

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЗАРОСЛЕЙ ФУКУСОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ
НА ЛИТОРАЛИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ**

М.В. Макаров, И.В. Рыжик, Г.М. Воскобойников
(Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск)

**RECOVERY OF THE SEA WARE COMMUNITIES
ON LITTORAL OF THE BARENTS SEA**

M.V. Makarov, I.V. Ryzhik, G.M. Voskoboynikov
(Murmansk Marine Biological Institut KSC RAS, Murmansk)

Recovery rate of the sea ware communities (dominated by *Fucus vesiculosus*) was studied in different sites of the northern coast of the Cola Peninsula; Barents Sea. The recovery rate of subtidal algal communities depended on an intensity of water circulation in a particular area. On the littoral areas protected from direct action of waves the recovery occurred more quickly (usually less than 4 years) than on open areas. Effective stock management of commercial harvesting of the sea ware should take into account the dependence of algal recovery rate from substrate characteristic of littoral areas and local differences in intensity of water circulation.

Традиционно на Баренцевом море объектом добычи являются только ламинариевые водоросли. Однако в настоящее время начал развиваться промысел фукусовых водорослей. Значительные запасы фукоидов (около 200 тыс. т), их произрастание в легкодоступной литоральной зоне, низкая себестоимость добычи и первичной переработки фукоидов, использование в пищевой промышленности, косметологии и медицине делает их перспективными объектами промысла.

Учитывая, что фукусовые водоросли играют важную биологическую роль, являясь местом обитания многих беспозвоночных и одним из основных источников органического вещества в прибрежной части моря, возникает необходимость исследования скорости восстановления литоральных фитоценозов при развитии промышленного промысла, а также в связи с планируемой в ближайшее время добычей, транспортировкой и перегрузкой нефти и газа в Баренцевом море, что неизбежно приведет к усилению антропогенного воздействия на литоральные фитоценозы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в течение 2001–2006 гг. в районе губ Ярнышная и Дальнезеленецкая восточного побережья Баренцева моря (69° с.ш. 36° в.д.).

В 2001 г. были заложены экспериментальные площадки на участке 1 и 2 губы Ярнышная, в 2005 г. – в губе Дальнезеленецкая (участок 4) и бухте Прибойная (участок 3) (табл. 1). При выборе места для закладки экспериментальных площа-

док мы руководствовались степенью прибойности (СП), типом субстрата и наличием распреснения. На наиболее типичном участке верхней литорали была освобождена от растительности площадь в 1 м².

В начале, в процессе и по окончании эксперимента анализировались видовой состав, размерно-весовая и возрастная структура *F. vesiculosus*. Изменения, происходящие на опытных площадках, сравнивались с состоянием фитоценозов исследуемого района до проведения эксперимента и с располагающимися рядом естественными зарослями (контрольные площадки).

Интенсивность движения воды в районах исследования оценивалась по системе, предложенной в работе Гурьяновой, Закс и Ушакова [1929] и методом гипсовых шаров [Хайлов и др., 1988].

Таблица 1. Краткая характеристика районов исследования

Table 1. Categorization of littoral areas studied

Участок	Степень прибойности	Тип субстрата	Соленость, ‰
1	3	Каменистая россыпь	25–32
2	2–3	Каменистая россыпь	32
3	1	Фация скал	32
4	1–2	Фация скал	32

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Губа Ярнышная

В 2001 г. на участке 1 произрастала монодоминантная ассоциация *F. vesiculosus*, которая характеризовалась длинным возрастным рядом (до 14 дихотомических ветвлений). Доминирующей по численности являлась группа растений с 4–7 ветвлениями. Средняя биомасса водорослей составляла около 7 кг/м².

После удаления растительности с площадки в 2001 г. видовой состав фитоценозов к 2004 г. восстановился полностью (табл. 2). Возрастной ряд фукусов достигал 9 дихотомических ветвлений. Преобладающей группой являлись водоросли, имеющие от 3 до 5 ветвлений, их доля от общего числа составляла 19–22%, отмечалось присутствие всех возрастных классов (рис. 1). Средняя биомасса водорослей была немного меньше, чем в 2001 г. и составляла около 6 кг/м².

Таблица 2. Изменение проективного покрытия и видового состава на опытных площадках в губе Ярнышная

Table 2. Variation of the species composition and coverage rate of algal communities at two observation sites in Guba Jarnyshnaya inlet

Участок	2001 г.		2004 г.	
	Проективное покрытие	Видовой состав	Проективное покрытие	Видовой состав
1	80%	<i>Fucus vesiculosus</i>	80%	<i>Fucus vesiculosus</i>
2	40–50%	<i>Fucus vesiculosus</i> <i>Desmarestia aculeata</i> , <i>Halosaccion</i> , <i>Ulvaria</i>	30%	<i>Fucus vesiculosus</i> <i>Desmarestia aculeata</i> , <i>Halosaccion</i> , <i>Ulvaria</i>

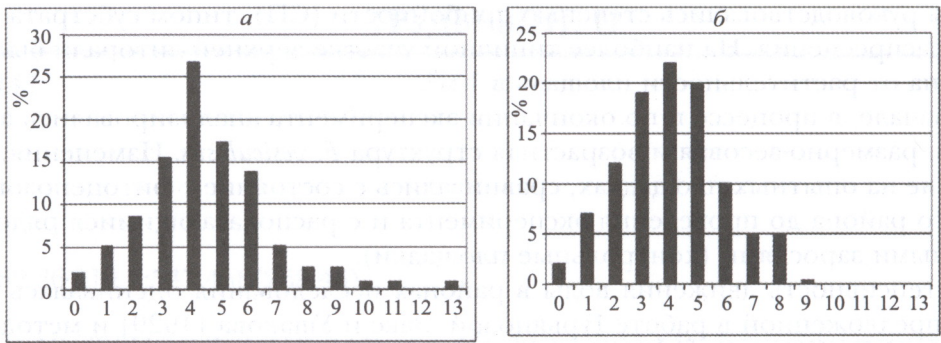


Рис. 1. Изменение возрастной структуры популяции *F. vesiculosus* на экспериментальном участке 1 (губа Ярнышная); а – 2001, б – 2004. По оси абсцисс – количество дихотомических ветвлений

Figure 1. Age structure of sea ware (*F. vesiculosus*) on site 1 (Guba Jarnyshnaja inlet) in 2001 (a) and 2004 (b). Abscises axis – number of dichotomic bifurcations

На втором участке, который отличается от первого более интенсивным движением воды, в 2001 г. возрастной ряд также насчитывал до 14 дихотомических ветвлений. Доминировала группа растений с 4–8 дихотомическими ветвлениями. Биомасса фукоидов составляла около 6 кг/м².

После удаления в 2001 г. растительности с площадки к 2004 г. не произошло полного восстановления фитоценозов. Изменилось соотношение видов (увеличилась доля зеленых водорослей рода *Ulvaria* до 40–50%), наблюдалось сокращение возрастного ряда (до 9 дихотомических ветвлений), отсутствие растений *F. vesiculosus* с 1–4 ветвлениями и неоднородность в распределении растений по группам (рис. 2). На камнях и талломах растений отмечалось массовое развитие мидиевых щеток (*Mytilus edulis* L.), проективное покрытие которых в отдельных местах достигало 60–70%. Биомасса водорослей снизилась до 3,5 кг/м², проективное покрытие – до 30% (табл. 2).

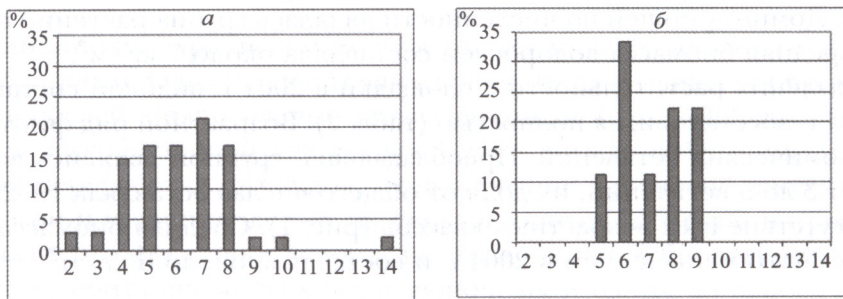


Рис. 2. Изменение возрастной структуры популяции *F. vesiculosus* на участке 2 (губа Ярнышная), а – 2001, б – 2004. По оси абсцисс – количество дихотомических ветвлений

Figure 2. Age structure of sea ware (*F. vesiculosus*) on site 2 (Guba Jarnyshnaja inlet) in 2001 (a) and 2004 (b). Abscises axis – number of dichotomic bifurcations

Бухта Прибойная

В 2005 г. на участке 3, где степень прибойности максимальна, фитоценоз был представлен монодоминантной ассоциацией *Fucus vesiculosus*. Проективное покрытие составляло 90%.

После удаления растительности в июле 2005 г. на площадках в октябре того же года появилось большое количество молодых проростков *F. vesiculosus*. Однако в июле 2006 г. на данной площадке произрастала монодоминантная ассоциация *Porphyra umbilicalis*, которая в течение лета 2006 г. сменилась на ассоциацию

F. vesiculosus + *Porphyra umbilicalis* (табл. 3). Произошло также снижение проективного покрытия до 50%.

Таблица 3. Проективное покрытие и видовой состав на опытных площадках на участках 3 и 4

Table 3. Species composition and coverage rate of algal communities at observation sites 3 and 4

Участок	2005 г.		2006 г.	
	Проективное покрытие	Видовой состав	Проективное покрытие	Видовой состав
3	90%	<i>Fucus vesiculosus</i>	50–60%	<i>Porphyra umbilicalis</i> / <i>F. vesiculosus</i> + <i>P. umbilicalis</i>
4	70%	<i>Fucus vesiculosus</i> (98%) <i>Ascophyllum nodosum</i> (2%)	20%	<i>Fucus vesiculosus</i>

В течение вегетативного сезона 2006 г. у большинства растений *F. vesiculosus* сформировалось 2–3 ветвления. Длина растений в среднем составляла 2 см.

На участке 4 в 2005 г. фитоценоз был представлен ассоциацией *Fucus vesiculosus* (98%) с сопутствующим видом *Ascophyllum nodosum* (2%). Проективное покрытие водорослей составляло около 70%.

После удаления растительности с площадок в 2005 г. на том же месте в 2006 г. наблюдалось появление проростков *Fucus vesiculosus*. Проростки располагались группами в трещинах камней. Длина проростков составляла в среднем 6 см. Проективное покрытие – 20–30%. (см. табл. 3).

Исследование показало, что на участках побережья со степенью прибойности 3–4 полное восстановление фитоценозов происходит за 4 года. Для фитоценозов Белого моря показано практически полное восстановление структуры сообществ и биомассы фукусовых водорослей за тот же период времени [Мохова, 2005].

Медленное восстановление фитоценозов на участке с высокой интенсивностью движения воды может быть вызвано отрицательным действием прибойных волн, которые смывают осевшие гаметы и проростки водорослей. Известно, что на открытом берегу после воздействия 100 волн остается только 0.4–0.5% от общего числа молодых проростков, в то время как на закрытом участке сохраняется 68–83%. Одна волна высотой 20–50 см на открытом берегу может удалить до 99% осевших гамет [Vadas et al., 1990].

Также одной из причин снижения скорости восстановления фитоценозов может являться значительное увеличение численности мидии и однолетних зеленых водорослей, что может быть следствием увеличения эвтрофикации прибрежных вод или отмечаемого в последнее время их потепления. Сходное явление было описано в Балтийском море, где в связи с возросшей эвтрофикацией отмечалось увеличение количества и интенсивный рост однолетних нитчатых водорослей [Isaeus et al., 2004], которые в свою очередь снижают способность к выживанию зародышей фукоидов. Мидии и нитчатые водоросли, несомненно, вступают в конкуренцию с фукусовыми за субстрат.

На скорость восстановления зарослей оказывает влияние и время изъятия водорослей. Если оно осуществлялось в первой половине лета, то восстановление происходило более интенсивно.

Наиболее массовый выход гамет у фукусовых водорослей наблюдается в июне-июле месяце [Кузнецов, 1960; Кузнецов, Шошина, 2003]. Сформировавшиеся за вегетационный период проростки успевают достичь необходимых размеров и накопить достаточное количество запасного вещества для переживания зимы, в связи с чем они являются более конкурентоспособными по сравнению с поздними проростками. Сходные результаты были получены для ламинариевых фитоценозов [Михайлова, 2000, 2006].

Исследование показало зависимость образования дихотомических ветвлений от степени прибойности в месте произрастания фукоидов. При прибойности 1–3 за первый год у большинства растений *F. vesiculosus* не образуется ветвлений, при прибойности 3 и ниже формируется 1–2 дихотомических ветвления.

На процессы восстановления влияет ряд факторов, таких как интенсивность движения воды, наличие эвтрофикации, сезон изъятия водорослей.

Полное восстановление фитоценозов в литоральной зоне возможно в течение четырех лет. В защищенных от прямого действия волн участках литорали скорость восстановления фитоценозов значительно выше.

Это свидетельствует о значимости и необходимости учета при выборе мест для промышленного сбора водорослей таких абиотических факторов, как характеристика субстрата и интенсивность движения воды.

Авторы выражают благодарность за помощь в выполнении работы сотрудникам лаборатории альгологии ММБИ Малавенде С.В. и Метельскому А.А.

ЛИТЕРАТУРА

- Михайлова Т.А.* 2000. Формирование ламинариевых фитоценозов на внесенном каменистом субстрате в Белом море // Ботанический журнал. Т. 85. № 9. С. 88–103.
- Михайлова Т.А.* 2006. Стадии формирования сообществ ламинариевых на внесенном субстрате (Белое море) // Ботанический журнал. Т. 91. № 12. С. 1816–1834.
- Мохова О.Н.* 2005. Сравнительный анализ фукоидов естественных зарослей и зарослей, восстановившихся после экспериментального кошения // Материалы Отчетной сессии СевПИПРО по итогам НИР 2002–2003 гг. Архангельск. С. 356–365.
- Кузнецов В.В.* 1960. Белое море и биологические особенности его флоры и фауны. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 320 с.
- Кузнецов Л.Л., Шошина Е.В.* 2003. Фитоценозы Баренцева моря. Физиологические и структурные характеристики. Апатиты.: Изд-во КНЦ РАН. 307 с.
- Хайлов К.М., Завалко С.Е., Ковардаков С.А., Рабинович М.А.* 1988. Изготовление и применение гипсовых структур для регистрации физико-химического взаимодействия тела с движущейся водой в мелкомасштабном пространстве // Экология моря. Вып. 30. С. 83–90.
- Isaeus O., Malm P., Persson L., Svensson R.* 2004. Effects of filamentous algae and sediment on recruitment and survival of *Fucus serratus* (Phaeophyceae) juveniles in the eutrophic Baltic Sea // Europ. Journ. of Phyc. Vol. 39. № 3. August. P. 301–307.
- Vadas R.L., Wright W.A., Miller S.L.* 1990. Recruitment of *Ascophyllum nodosum*: wave action as a source of mortality // Mar. Ecol. Progr. Ser. Vol. 61. P. 263–272.