

ИЗМЕНЕНИЯ В ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЕ БЕЛОМОРСКИХ ФУКОИДОВ В ЗАРОСЛЯХ II КАТЕГОРИИ ПЛОТНОСТИ ПОСЛЕ 35%-ГО ИЗЪЯТИЯ

О.Н. Мохова

В период 2001-2004 гг. в районе Соловецких островов изучалось воздействие экспериментального промысла фукоидов на возрастную структуру сообщества. Прослежена динамика и проведен сравнительный анализ численности и массы возрастных групп естественного и восстановившегося сообществ.

Возрастная структура отражает уровень воспроизводства и смертности в популяции и является важной характеристикой состояния жизненности вида. По возрастной структуре популяции доминирующего в сообществе вида можно судить об уровне воздействия человека и прогнозировать изменения сообщества в целом [Шошина, 1998].

Продолжительность жизни *Fucus vesiculosus* в Баренцевом и Белом морях достигает 11-13 лет [Кузнецов, 1960; Возжинская, 1986], *Ascophyllum nodosum* может достигать 19 (25) лет [Кузнецов, 1960]. По нашим данным, отмеченный максимальный возраст соловецких фукоидов составляет 10 лет у *F. vesiculosus* и 9 лет у *A. nodosum*.

Возрастная структура популяции фукусовых водорослей довольно устойчива: преобладают сеголетние и однолетние растения, с увеличением возраста снижается количество растений в каждой возрастной группе. Наиболее старые и, как правило, самые крупные экземпляры не насчитывают и десятка экземпляров на 1 м^2 . Сеголетков же и проростков отмечается в сотни раз больше – до нескольких тысяч на 1 м^2 в летний сезон. Растения 2-3-го года жизни уже не столь многочисленны: их в 4-5 раз меньше, чем сеголетков, но больше, чем многолетних форм [Возжинская, 1986].

По промысловой ценности заросли фукоидов, аналогично ламинариевым водорослям, разделяются на три категории в зависимости от степени проективного покрытия дна [Пронина, 2001]. В Белом море наиболее часто встречаются промысловые заросли II категории плотности, имеющие проективное покрытие дна 50-70%. Для данной категории установленный ОДУ равен 15-20% от запаса участка с режимом промысла 1 раз в 4 года. Как показали предыдущие эксперименты, выполненные в I категории плотности, даже изъятие до 50% от запаса не нарушает видовой структуры сообщества, и восстановление показателей биомассы происходит уже через 3 года [Мохова, 2003]. Так как в существующих правилах промысла для всех водорослей, независимо от плотности

произрастания, ОДУ не конкретизируется, необходимо для каждой категории определить оптимальный ОДУ и режим промысла.

Целью исследований явилось изучение воздействия промысла на возрастную структуру сообществ фукоидов и оценка устойчивости формирующихся сообществ к возможному увеличению промысловой нагрузки. Полученные результаты позволят внести изменения и дополнения к существующим правилам промысла.

Материал и методика

Исследования в фукусовых сообществах II категории плотности проводили в 2001-2004 гг. в районе о. Соловецкого.

Экспериментальное кошение в литоральной зоне проводили серпом на площади 100 м^2 , фукоиды срезали на уровне 10-15 см от подошвы. 35%-ное изъятие выполняли исходя из вычисленного запаса в западной части о. Соловецкий. Отбор проб для оценки возрастной структуры выполняли рамкой $0,09 \text{ м}^2$ в 5-кратной повторности. При обработке проб фукоиды разбирали по видам и возрастам (рис. 1).



Рис. 1. Полевая обработка проб фукусовых водорослей – разделение на возрастные группы

Возраст *A. nodosum* определяли по количеству рядов воздушных пузырей: два ряда пузырей за год [Возжинская, 1986], начиная с третьего года жизни [Кузнецов, 1960]. Возраст *F. vesiculosus* - по числу порядков дихотомических ветвлений на основной оси: за год образуется два дихотомических ветвления у растений старше одного года [Кузнецов, 1960; Максимова, 1980]. Под сеголетними растениями понимались проростки текущего года, под однолетними - возраста 1+, двухлетними - 2+ и т.д.

Результаты и обсуждение

В зарослях II категории, где проводили изъятие 35%, восстановление общей биомассы фукоидов произошло через 3 года.

Исходное и восстановившееся сообщество состоит из 3-х видов фукусовых водорослей: *A. nodosum*, *F. vesiculosus* и *Fucus distichus*. Средняя биомасса *A. nodosum* в исходном сообществе составляла 9,9 кг/м², *F. vesiculosus* - 2,6 кг/м², в восстановившемся сообществе биомасса стала соответствовать 7,8 кг/м² у *A. nodosum* и 3,8 кг/м² - у *F. vesiculosus* (таб. 1, 2). Доля *F. distichus* в сообществе очень незначительна, в пробах отмечены единичные растения, поэтому при анализе возрастной структуры сообщества этот вид не рассматривали.

В качестве обсуждаемых характеристик проанализирована возрастная структура как исходного, так и восстановленного сообществ.

В исходном сообществе обеих популяций преобладают сеголетние и однолетние растения (рис. 2 А, см. табл. 1), с увеличением возраста снижается количество растений в каждой возрастной группе. Отмеченный максимальный возраст у *A. nodosum* - 8+, у *F. vesiculosus* - 7+ (рис. 2 Б, 2 В, см. табл. 1).

Через год после 35%-го изъятия в популяции *A. nodosum* наблюдается уменьшение растений во всех возрастных группах. Отмеченный максимальный возраст - 7+. В популяции *F. vesiculosus* на освобожденном субстрате появляются многочисленные проростки, увеличивается количество растений во всех возрастных группах, за исключением группы 1+. Отмеченный максимальный возраст - 8+ (см. рис. 2 Б, 2 В; табл. 1).

Таблица 1

Плотность поселения возрастных групп фукоидов

Возраст, лет	Количество, экз./м ²			
	2001 г. исходное сообщество	2002 г. после 35% изъятия	2003 г. после 35% изъятия	2004 г. после 35% изъятия
<i>Ascophyllum nodosum</i>				
0+, 1+	707,8	404,4	291,1	184,4
2+	82,2	48,9	42,2	48,9
3+	63,3	31,1	28,9	13,3
4+	53,3	26,7	31,1	22,2
5+	36,7	15,6	11,1	15,6
6+	25,6	4,4	6,7	17,8
7+	10,0	2,2	-	8,9
8+	7,8	-	2,2	2,2
9+	-	-	2,2	-
Всего целых:	986,7	533,3	415,6	313,3
Обрезанные растения:	-	235,6	237,8	375,6
Всего:	986,7	768,9	653,3	688,9
<i>Fucus vesiculosus</i>				
0+	3362,2	5017,8	3444,4	3215,6
1+	461,1	282,2	420,0	462,2
2+	87,8	200,0	186,7	255,6
3+	74,4	124,4	135,6	155,6
4+	42,2	84,4	95,6	146,7
5+	28,9	44,4	44,4	44,4
6+	6,7	17,8	13,3	48,9
7+	2,2	4,4	15,6	15,6
8+	-	2,2	6,6	8,9
9+	-	-	2,2	2,2
Всего целых:	4065,5	5777,8	4364,4	4355,6
Обрезанные растения:	-	20,0	22,2	202,2
Растения с мутовками	-	-	-	73,3
Всего:	4065,5	5797,8	4386,7	4631,1

Таблица 2

Весовые характеристики фукоидов разных возрастных групп

Возраст, лет	Масса одного растения, г/биомасса каждого возраста, г/м ²			
	2001г. исходное сообщество	2002 г. после 35% изъятия	2003 г. после 35% изъятия	2004 г. после 35% изъятия
<i>Ascophyllum nodosum</i>				
0+, 1+	0,08 / 73,1	0,06 / 24,0	0,1 / 27,6	0,08 / 19,1
2+	0,3 / 25,4	0,8 / 37,8	0,7 / 28,6	0,6 / 33,1
3+	3,4 / 136,7	1,5 / 48,9	2,7 / 89,6	4,7 / 50,4
4+	15,6 / 780,0	19,4 / 491,1	8,9 / 295,6	15,5 / 321,6
5+	46,1 / 1487,8	40,5 / 595,6	77,4 / 974,4	34,5 / 529,8
6+	131,3 / 2865,6	222,0 / 986,7	207,5 / 1383,1	62,9 / 1043,1
7+	228,1 / 1852,2	252,0 / 560,0	-	137,5 / 1270,2
8+	330,8 / 2706,7	-	171,8 / 381,8	179,3 / 398,4
9+	-	-	418,0 / 928,9	-
Всего целых	- / 9927,4	- / 2744,0	- / 4109,6	- / 3665,7
Обрезанные растения	-	5,1 / 1366,4	7,4 / 1928,4	11,4 / 4164,9
Всего	- / 9927,4	- / 4110,4	- / 6038,0	- / 7830,6
<i>Fucus vesiculosus</i>				
0+	0,01 / 28,9	0,01 / 37,1	0,02 / 24,8	0,005 / 14,5
1+	0,08 / 40,0	0,1 / 29,1	0,09 / 39,9	0,1 / 43,6
2+	0,5 / 27,7	0,3 / 54,7	0,3 / 63,6	0,4 / 104,6
3+	2,8 / 216,1	1,5 / 191,3	1,2 / 154,8	1,4 / 215,3
4+	15,0 / 616,7	5,3 / 482,2	3,1 / 353,7	3,9 / 549,1
5+	36,4 / 1178,9	18,9 / 851,1	10,3 / 382,2	11,2 / 517,6
6+	59,1 / 397,8	30,6 / 435,6	20,9 / 238,2	20,1 / 920,7
7+	58 / 128,9	34,0 / 151,1	41,3 / 494,2	31,8 / 450,7
8+	-	131,0 / 291,1	54,3 / 309,6	51,8 / 475,3
9+	-	-	77,5 / 172,2	160 / 355,6
Всего целых	- / 2635,0	- / 2523,3	- / 2233,2	- / 3646,9
Обрезанные растения	-	1,0 / 20,0	1,2 / 26,2	1,1 / 114,4
Растения с мутовками	-	-	-	0,7 / 55,5
Всего	- / 2635,0	- / 2543,3	- / 2259,4	- / 3816,8

На второй год наблюдается дальнейшее уменьшение количества сеголетних и однолетних растений *A. nodosum*, по сравнению с предыдущим годом. Количество экземпляров в возрастных группах 2+ - 6+ почти не изменяется, в пробах отмечены единичные растения возрастных групп 8+, 9+. Так как на площадке было изъято только 35% от вычисленного запаса (скашивались в основном взрослые растения), часть водорослей старших возрастов все-таки остается нетронутой, это и обуславливает наличие в пробах 8-, 9-летних растений. В популяции

F. vesiculosus снижается количество проростков, оказавшихся под пологом вновь появившихся крупных слоевищ. Выживание проростков *A. nodosum* и *F. vesiculosus* под прикрытием взрослых растений в 5 раз меньше, чем на свободном субстрате [Vadas et al., 1992]. Количество растений в возрастных группах 2+ - 6+ у *F. vesiculosus* почти не изменяется по сравнению с прошлым годом, увеличивается количество водорослей 1+, 7+ - 9+ лет. Отмеченный максимальный возраст - 9+ лет (см. рис. 2 Б, 2 В; табл. 1).

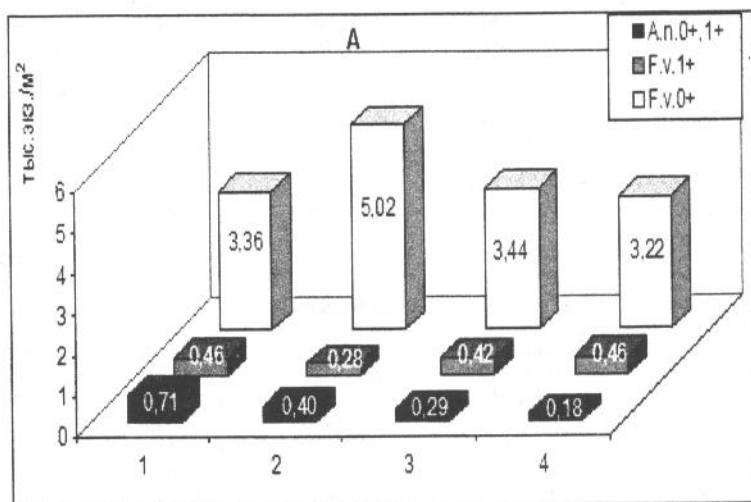


Рис. 2 А. Динамика численности сеголетних и однолетних фукоидов в зарослях II категории до и после 35%-го изъятия

A.n. - *Ascophyllum nodosum*, F.v. - *Fucus vesiculosus* 1 – 2001 г. до кошения; 2 – 2002 г.; 3 – 2003 г.; 4 – 2004 г. – время отбора проб

Через 3 года в популяции *A. nodosum* молодых растений возраста 0+, 1+ и 3-4-летних водорослей становится еще меньше, но увеличивается количество экземпляров возраста 6+, 7+ лет. Уменьшение количества молодых особей на протяжении всего эксперимента можно объяснить тем, что большая часть растений с репродуктивными органами (рецептакулами) срезана, а также заселением освободившегося субстрата многочисленными проростками *F. vesiculosus*. У *F. vesiculosus* становится больше 2-, 4-, 6-летних растений, в остальных возрастных группах количество экземпляров сравнимо с предыдущим годом.

Сравнивая данные возрастной структуры исходных зарослей и восстановившихся после экспериментального кошения, можно отметить,

что в популяции *A. nodosum* во всех возрастных группах после проведенного опыта растений становится меньше (отмеченный максимальный возраст 8+ лет). В популяции *F. vesiculosus* количество сеголетних и однолетних водорослей сопоставимо с естественными зарослями, растений в возрасте 2+ - 5+ стало больше в 1,5-3 раза и появляются 8-9-тилетние экз. (отмеченный максимальный возраст 9+ лет) (рис. 2 Б-В, см. табл. 1). Это говорит о том, что промысел оказал большее влияние на популяцию *A. nodosum*.

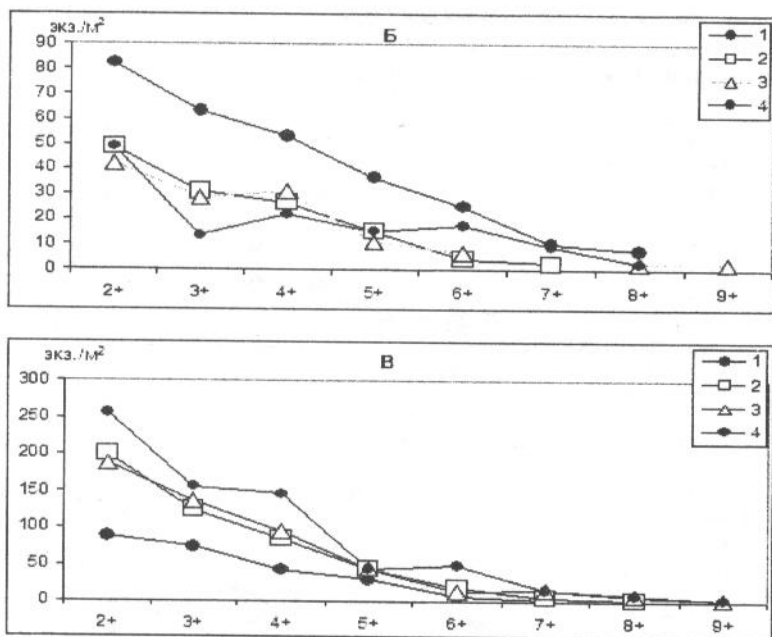


Рис. 2. Динамика численности возрастных групп: Б - *Ascophyllum nodosum*; В - *Fucus vesiculosus* зарослей II категории до и после 35%-го изъятия
1 - 2001 г. до кошения; 2 - 2002 г.; 3 - 2003 г.; 4 - 2004 г. - время отбора проб

Сравнивая средние весовые показатели растений каждого возраста в обеих популяциях на протяжении всего эксперимента, можно отметить, что в целом по массе они мало отличаются друг от друга (см. табл. 2). У молодых растений, не имеющих репродуктивных органов, показатели массы почти совпадают. Межгодовые колебания этих показателей у фертильных особей зависят, прежде всего, от срока отбора проб. Хотя отбор и обработка проб водорослей проводились в одни и те же сроки, погодные условия (сход льда, температура воздуха, прогрев воды и др.) в

той или иной мере влияют на рост растений и созревание органов размножения – рецептакулов. Благоприятные условия могут ускорить период активной фертилизации и способствовать более раннему созреванию рецептакулов, что приводит в целом к увеличению массы растения. Летом рецептакулы увеличиваются почти в 3-5 раз у *A. nodosum* и в 9 раз у *F. vesiculosus*, масса рецептакулов может составлять 66-84% у *A. nodosum* и 80-85% у *F. vesiculosus* (в % от массы всего слоевища) [Возжинская, 1986].

Если анализировать массу каждой возрастной группы в общей биомассе, то по полученным результатам в ценопопуляции *A. nodosum* преобладающее положение занимают растения 4+ и более лет, в ценопопуляции *F. vesiculosus* – 3+ и более лет (рис. 3, см. табл. 2).

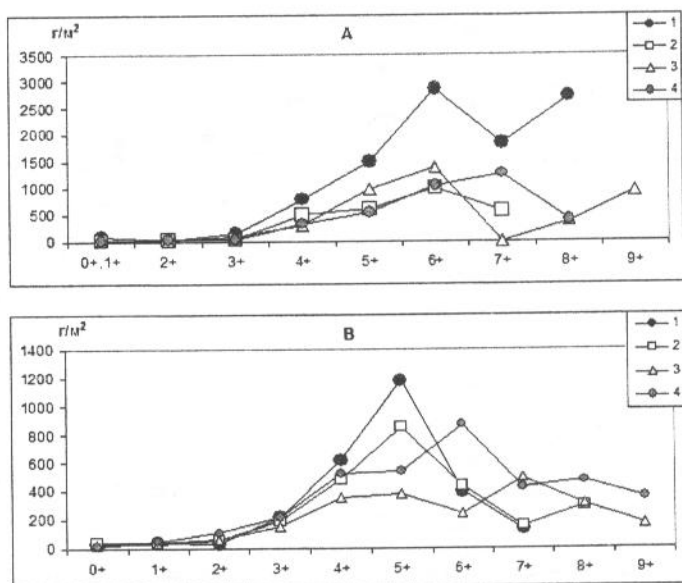


Рис. 3. Изменения массы возрастных групп: А - *Ascophyllum nodosum* и В - *Fucus vesiculosus* зарослей II категории до и после 35%-го изъятия время отбора проб: 1 – 2001 г. до кошения; 2 – 2002 г.; 3 – 2003 г.; 4 – 2004 г.

В исходном сообществе максимальная масса у возрастных групп *A. nodosum* 5+ - 8+ лет (более 1,0 кг/м²), у *F. vesiculosus* 4+ - 5+ лет (более 0,5 кг/м²). Через год после изъятия у *A. nodosum* масса растений в этих группах снижается и только 6-летние растения в массе достигают 1,0 кг/м². У *F. vesiculosus* также наблюдается некоторое снижение массы у 4-5-

летних растений, но отмечается ее увеличение у 6-летних особей и во всех этих группах биомасса составляет 0,5 кг/м² и выше. Через 2 года у *A. nodosum* уже в трех возрастных группах (5+, 6+, 9+) биомасса достигает 1,0 кг/м² и более. У *F. vesiculosus* дальнейшее снижение биомасс выше представленных возрастных групп компенсируют в целом биомассу этого вида в сообществе появившиеся старшие возрастные группы 8+, 9+. Через 3 года, сравнивая сообщество после кошения с исходными зарослями, можно отметить, что в популяции *A. nodosum* уменьшилась масса всех возрастных групп. В популяции *F. vesiculosus* после эксперимента в сравнении с исходным сообществом существенно возросла в общей биомассе масса 6-, 7-летних растений и добавились возрастные группы 8+, 9+ лет (несмотря на то, что это единичные экземпляры, масса их в общей биомассе достаточно высока).

Общая биомасса исходного сообщества состоит из целых растений *A. nodosum* и *F. vesiculosus*. Популяция *A. nodosum* после кошения через 3 года складывается из целых растений и большей частью из обрезанных, в популяции *F. vesiculosus* количество обрезанных растений ниже, поэтому на показатель биомассы они оказывают меньшее влияние (см. табл. 1). Этот факт также свидетельствует о том, что во время промысла изымаются в первую очередь крупные растения *A. nodosum*.

Заключение

Проанализировав структуру сообщества до и после 35%-ого изъятия можно отметить, что, через три года несколько изменяется соотношение видов в фитоценозе, как по биомассе, так и в возрастном спектре в популяциях. В ценопопуляции *A. nodosum* все возрастные группы отмечены в меньшем количестве; в ценопопуляции *F. vesiculosus*, наоборот, во всех возрастных группах, исключая самые молодые особи 0+, 1+ лет, наблюдается увеличение количества растений.

Исходное сообщество представлено целыми растениями *A. nodosum* и *F. vesiculosus*, в условиях эксперимента после проведения кошения в популяции *A. nodosum* отмечено намного больше растений с обрезанными частями, чем в популяции *F. vesiculosus*. Это свидетельствует об избирательном промысле со стороны заготовителей.

Несмотря на некоторые различия в структуре исходного сообщества и сообщества, подвергнутого промыслу, они имеют ряд сходных признаков:

а) в восстановившемся сообществе присутствуют все возрастные группы, характерные для естественного сообщества, при этом существенно преобладают сеголетние и однолетние растения;

б) значения средних показателей массы растений каждого возраста близки в исходном и восстановившемся сообществе;

в) наибольшую биомассу в популяции *A. nodosum* естественного сообщества и сообщества после эксперимента формируют растения четырех и более лет; в популяции *F. vesiculosus* – трех и более лет;

Литература

Возжиская В.Б. Донные макрофиты Белого моря. - М., 1986. - 191 с.

Кузнецов В. В. Белое море и биологические особенности его флоры и фауны. - М. : JL., 1960. - 322 с.

Максимова О.В. Некоторые сезонные особенности развития и определения возраста беломорских фукоидов // Донная флора и продукция краевых морей СССР. - М., 1980. - С. 73-78.

Мохова О.Н. Изменения в сообществах беломорских фукоидов при различных объемах изъятия // Материалы отчетной сессии Северного отделения ПИНРО по итогам научно-исследовательских работ 2001-2002 гг. - Архангельск, 2003. – С. 326-338.

Пронина О.А. Современная методика оценки и состояние запасов промысловых водорослей Белого моря // VIII съезд Гидробиологического общества РАН (Калининград, 16-23 сентября 2001 г.): Тез. докл. – Т.1. - Калининград, 2001. – С. 66-67.

Шошина Е.В. Фукусовые водоросли// Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 1998. - С. 174-187.

Vadas R.L., Johnson S., Norton T.A. Recruitment and mortality of early post-settlement stages of benthic algae // Brit. Phycol. J. 1992. Vol.27. - P. 331-351.