

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 310-313.

К ОЦЕНКЕ ПРОДУКЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПЕЛАГИАЛИ ДВИНСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

В.А. ТРОШКОВ, С.Б. ФРОЛОВ

Северное отделение Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (СевПИНРО), Архангельск

В работе представлены материалы рейсов по Белому морю СевПИНРО и СевУГМС в 1981-1987 гг. Делается попытка оценить продуктивность отдельных трофических звеньев пелагиали Двинского залива Белого моря. По результатам исследований рассчитаны: первичная продукция, продукция зоопланктона и продукция планктоноядных рыб. Первичная продукция за исследуемый период составила в среднем 522,3 тыс. т С; продукция зоопланктона – 200-350 тыс. т; продукция планктоноядных рыб – 180 т.

V.A. Troshkov, S.B. Frolov. On the assessment of the productivity potential of the White Sea pelagic zone // The study, sustainable use and conservation of natural resources of the White Sea. Proceedings of the IXth International Conference, October, 11-14, 2004. Petrozavodsk, Karelia, Russia. Petrozavodsk, 2005. P. 310-313.

In this work the materials of SevPINRO and SevUGMS obtained in 1981-1987 on the White Sea are used. The estimation of the productivity of different trophic parts of pelagic zone in Dvinskoy gulf of the White Sea is given. Based on results obtained initial production, production of zooplankton and pelagic fishes were calculated. Initial production for the studied period has made on the average 522,3 thousand t. C; production of zooplankton - 200-350 thousand t.; production of pelagic fishes - 180 t.

Количество работ, посвященных исследованиям в области продукционной гидробиологии Белого моря, весьма незначительно. Кроме того, в опубликованных работах приводятся часто противоречивые данные, как по первичной продукции, так и по продукции гетеротрофных организмов различных трофических уровней.

Противоречивость в данных вызвана, видимо, во-первых, использованием различных методов сбора материала и применением разнообразных методов расчета продукции, а, во-вторых, большой неоднородностью используемого материала и различной степенью его полноты. Большинство работ основаны на единовременных сборах, а те, что отражают многолетние закономерности в продукционных процессах моря, как правило, характеризуют какие-то отдельные его районы.

Настоящую работу хотелось бы представлять, как одну из попыток приблизиться к пониманию процессов переноса вещества и энергии в экосистемах Белого моря.

Материал и методика

В работе использованы материалы комплексных экспедиций в 1981-1987 гг Севгидромета (первичная продукция, зоопланктон) и СевПИНРО (зоопланктон и рыбы).

Первичная продукция определялась кислородно-скляночным методом, с экспозицией 24 часа и использованием переходного коэффициента 0,375.

Зоопланктон отбирался по всем стандартным горизонтам и обрабатывался в счетной камере Богорова. Затем по принятым весам, рассчитывали его биомассу. Продукцию зоопланктона рассчитывали, используя уравнения приближенной оценки (Алимов, 1989)

Расчет запасов сельди выполнялся методом ВРА, с учетом коэффициентов промысловой и естественной смертности. Численность рекрутов определялась по уравнениям регрессии.

Первичная продукция

Расчеты годовой первичной продукции фитопланктона неоднократно производились, как для всего Белого моря, так и для отдельных его районов (Федоров, Семин, 1970; Федоров, Бобров, 1977; Бобров, 1982).

Анализируя приводимые различными авторами данные по первичной продукции, можно заметить, что расхождения в результатах достигают одного порядка и более. Во многом, кроме вышеперечисленных причин, это объясняется и спецификой гидрологических режимов отдельных районов моря. В целом, согласно принятой классификации (Кобленц-Мишке, Ведерников, 1977), по первичной продуктивности Белое море можно отнести к мезотрофному типу. Двинский залив, по мнению ряда авторов (Максимова, 1991; Белое море..., 1995) отличается наиболее высокой средней продуктивностью. Это связано, по-видимому, как с особенностями его гидрологического режима, так и с относительно боль-

шим поступлением минеральных веществ с поверхностным стоком.

По нашим данным, Двинский залив также, по своей первичной продуктивности, можно отнести к высокопродуктивным районам Белого моря. В таблице 1 приведены средние значения первичной продукции в заливе, в различные сезоны года.

Величина фотического слоя была принята равной 10 м, при этом для расчетов средневзвешенного значения первичной продукции во всем фотическом слое приняли, что на глубине 10 м величина ее составляет 10% от поверхностного. Подобное допущение было обосновано тем, что по результатам изучения фитопланктонных сообществ в Двинском заливе в 2001-2003 гг., было выявлено, что в среднем на горизонте 10 метров численность и биомасса фитопланктона падают на порядок.

Продолжительность вегетационного сезона была принята равной 180 суткам, что соответствует той величине, которую использовали для расчетов годовой продукции и другие авторы (Белое море..., 1995).

Принимая за среднесуточное значение величину первичной продукции в $302 \text{ мг/м}^2\text{сут.}$, получаем годовую продукцию Двинского залива, равной $522,3 \text{ тыс. т С.}$

Полученная величина превышает ту, что указывают для этого района моря (Белое море..., 1995; Максимова, 1991). Однако, принимая данное значение, надо учитывать тот факт, что для Двинского залива не было проведено постоянных наблюдений, а приводимые цифры характеризовали лишь какой-то конкретный год, а чаще и просто отдельно взятый сезон.

Таким образом, принятая нами величина первичной продукции Двинского залива, примерно в 2 раза превышает ту, что была получена для Белого моря по результатам съемок 1982-1983 гг (Максимова, 1991).

Продукция зоопланктона

Работ, связанных с оценкой продуктивности зоопланктона Белого моря, в отличие от работ по первичной продуктивности, практически нет. В литературе можно отметить лишь отдельные попытки приблизиться к этому (Трошков, 1991; Бергер и др., 1995).

Традиционно, в работах посвященных зоопланктону Белого моря, говоря о количественных оценках его, изучают в основном состав и распределение об-

щей биомассы зоопланктона. При этом оценки многолетней изменчивости биомассы зоопланктона также крайне редки в литературе (Белое море..., 1995; Трошков, 1999; Трошков, Слонова, 2000).

Наши исследования зоопланктонных сообществ Двинского залива охватывают к настоящему времени более чем 30-ти летний период времени. При этом планктонные съемки производились в различные сезоны года и практически по одной схеме отбора проб. В таблице 2 приведены многолетние значения биомассы зоопланктона в Двинском заливе.

Можно оценить примерные запасы зоопланктона в Двинском заливе в весенний, летний и осенний периоды. Исходя из средних биомасс, приведенных в таблице 2 и морфометрических характеристик залива (Бабков, Голиков 1984), для весны общий запас зоопланктона в заливе в 1981-1987 гг. составлял 123480 т , или, учитывая среднюю глубину равную 49 м - $14,4 \text{ т/км}^2$; для лета - 99960 т или $11,7 \text{ т/км}^2$; для осени - 61740 т или $7,2 \text{ т/км}^2$, соответственно.

Для расчетов запасов и продукции зоопланктона нами были взяты медианные значения в связи с тем, что они сглаживают большие колебания биомассы по годам.

В своих расчетах мы использовали способ приближенной оценки продукции популяций животных (Алимов, 1989).

$$P = CbB_{cp} ; P = B_{cp} \int_{t1}^{t2} Cb(t)dt$$

$$Cb = m\tau^{-n}$$

где Cb – удельная продукция, B_{cp} – средняя биомасса за исследуемое время, m и n – коэффициенты, зависящие от продолжительности жизни животных.

В качестве средней мы брали средние значения за весь сезон биомассы основных групп зоопланктона, в частности: *Calanus glacialis*, *Pseudocalanus minutus*, *Metridia longa*, *Oithona similis*. Затем, учитывая вес этих организмов в создании общей биомассы во все сезоны, переводили полученные результаты на общую продукцию зоопланктона.

Разброс полученных результатов был в целом не слишком велик, а средняя продукция зоопланктона Двинского залива в 1981-1987 гг составила $200-350 \text{ тыс.т.}$, или примерно $20 - 35 \text{ т/км}^2$.

Таблица 1. Первичная продукция Двинского залива Белого моря (по результатам съемок 1981-1987 гг.)

Первичная продукция	Весна	Лето	Осень	Средняя
в $\text{мгС/м}^2\text{час}$	<u>2.81</u> 0.29-8.16	<u>2.49</u> 0.16-7.02	<u>1.57</u> 0.11-6.71	<u>2.29</u> 0.11-8.16
в $\text{мгС/м}^2\text{сут.}$	371	328	207	302

Примечание: над чертой - среднее значение, под чертой - пределы колебаний.

Таблица 2. Биомасса зоопланктона Двинского залива Белого моря (по результатам съемок 1981-1987 гг) (мг/м³)

Год	Сезон						Средняя биомасса
	Весна		Лето		Осень		
	дата	биомасса	дата	биомасса	дата	биомасса	
1981	14-15июня июнь	81 102	август	71	ноябрь	9	66
1982	9-12 июня 17-22 июня	502 220	сентябрь	220	ноябрь	178	280
1983	5-9 июня	104	июль август	110 995			403
1984	7-13июня 22-23 июня	403 318	июль август	214 256	октябрь	146	267
1985	22-23 июня	680	июль август	434 528	октябрь	166	452
1986	13-14 мая	502	август	1433	октябрь	147	694
1987	23-24 июня	268	август сентябрь	195 359	октябрь	120	235
Ср. арифм.		318		446		128	342
Медиана		293		238		147	280

Продукция пелагических рыб

Беломорская сельдь является основным пелагическим планктоноядным видом в Белом море. Поэтому мы попытались оценить продукцию именно ее, с тем, чтобы затем через определенный коэффициент дать оценку продукции всех пелагических рыб.

Исходя из процентного соотношения возрастного состава популяции сельди Двинского залива в 1981-1987 гг, и среднемноголетней численности двинской сельди в этот же период, равной 25344 тыс. шт., мы рассчитали численность каждой возрастной группы в весенний и осенний периоды (Табл. 3). Средние веса и прирост рыб каждой воз-

растной группы с весны (май) по осень (октябрь) представлены в таблице 4.

Для расчета продукции использовали уравнение:

$$P_{t, t+I} = \Delta W_{t, t+I} (N_t + N_{t+I}) / 2 \quad (\text{Алимов, 1989}),$$

где $P_{t, t+I}$ - продукция рыб в возрасте от t до $t+I$, $\Delta W_{t, t+I}$ - средний прирост массы одной особи за время от t до $t+I$, N_t , N_{t+I} - численность генерации сельди ко времени t и $t+I$.

Используя для расчетов данные по численности (Табл. 3) и приросту (Табл. 4) по каждой возрастной группе, была рассчитана продукция каждой из этих групп (Табл. 5).

Таблица 3. Численность возрастных групп сельди Двинского залива в 1981-1987 гг. (тыс.шт.)

Возраст	0	1	2	3	4	5	6
весенняя сельдь		456	1935	11684	6594	3501	1385
Возраст	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+
осенняя сельдь	421	17626	4540	1379	1267	634	456

Таблица 4. Средние веса и прирост(ΔW) сельди Двинского залива разных возрастных групп в 1981-1987 гг. (г)

Возраст	0	1	2	3	4	5	6
весенняя сельдь		7,0	13,8	21,7	29,6	37,0	42,4
Возраст	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+
осенняя сельдь	6,2	9,1	18,4	28,1	36,2	42,8	53,0
Возраст	0	1	2	3	4	5	6
ΔW	6,2	2,1	4,6	6,4	6,6	5,8	10,6

Таблица 5. Продукция отдельных возрастных групп сельди Двинского залива в 1981-1987 гг.

Возраст	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+
$N_t + N_{t+1}/2$	210,5	9041	3237,5	6531,5	3930,5	2067,5	920,5
$\Delta W_{t,t+1}$	6,2	2,1	4,6	6,4	6,6	5,8	10,6
$P_{t,t+1}$	1305,1	18986,1	14892,5	41801,6	25941,3	11991,5	9757,3
$P_{\text{общ.}}$	124675,4 кг = 124, 7 т						

Общая продукция сельди с мая по октябрь месяцы в 1981-1987 гг. составила 124,6 т, что составляет примерно 25% от общего запаса Двинской сельди.

Беломорская сельдь в Двинском заливе составляет по численности примерно 70% от общего числа рыб, питающихся зоопланктоном. Исходя из этого, общую продукцию планктоноядных рыб можно оценить примерно в 180 т.

Оценивая полученные результаты, видно, что налицо явное несоответствие значений продуктивности зоопланктона и пелагических рыб. Продукция последних составляет примерно 0,1–0,2% от продукции зоопланктона. Данный факт, если исключить ошибки в расчетах, скорее всего, объясняется не полным учетом всех трофических связей экосистемы Двинского залива. В частности не учтена продукция рыб, питающихся в Двинском заливе, но не относящихся к популяциям двинской сельди. Кроме того, не полностью учтена роль хищного зоопланктона. Вместе с тем, общая продукция зоопланктона по всей видимости составляет еще большую величину, так как в ней недоучитывается, во-первых, роль макропланктона (*Hyperiidae*, *Euphausiacea*), а, во-вторых, продукция наннопланктона).

Заключение

При анализе продуктивности пелагических организмов Двинского залива, по результатам исследований 1981-1987 гг., были получены следующие результаты:

- Годовая первичная продукция составила в среднем 522,3 тыс. т. С, или 302 мгС/м² сут.
- Продукция зоопланктона за этот же период исследований составила 200-350 тыс. т, или 20–35 т/км².
- Продукция планктоноядных рыб в среднем составила 180 т.

Литература

- Алимов А.Ф. 1989. Введение в продукционную гидробиологию. Л.: Гидрометеиздат. 152 с.
- Бабков А.А., Голиков А.Н. 1984. Гидробиокомплексы Белого моря. Л. 102 с.
- Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования // СПб. (в 2 частях).
- Бергер В.Я., Наумов А.Д., Сухотин А.А. 1995. Энергетический баланс беломорских экосистем // Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря. Материалы докладов. С. Петербург. С. 13-15.
- Бобров Ю.А. 1982. Первичная продукция фитопланктона Белого и прибрежной зоны Баренцева морей // Планктон прибрежных вод Восточного Мурмана. Апатиты. С. 3-24.
- Кобленц-Мишке О.И., Ведерников В.И. 1977. Первичная продукция // Биология океана. М. Т. 2. С. 183-247.
- Корсаков М.Н. 1977. Первичная продукция различных районов Белого моря // Гидробиол. журн. Т. 13, № 4. С. 13-16.
- Максимова М.П. 1991. Гидрохимия Белого моря // Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т.2. Белое море, ч. 1. С. 8-193.
- Трошков В.А. 1991. К вопросу продуктивности Белого моря (Зоопланктон: его численность и распределение). В тез. докл. VI съезда Всесоюзного Гидробиологического Общества. (Мурманск, 8-11 октября 1991 г.). Т. 1. Мурманск: Полярная правда. С. 28-30.
- Трошков В.А. 1999. Сезонная и многолетняя динамика биомассы зоопланктона в Двинском и Онежском заливах Белого моря / Биологические основы изучения, освоения и охраны животного и растительного мира, почвенного покрова Восточной Финляндии. Тез. докладов, Петрозаводск. С. 103.
- Трошков В.А., Слонова С.А. 2001. Зоопланктон Белого моря и его роль в питании беломорской сельди // Биологические ресурсы прибрежья российской Арктики. Материалы к симпозиуму. Беломорск: М. Изд-во ВНИРО. С. 150-164.
- Федоров В.Д., Семин В.А. 1970. Связь первичной продукции с гидрохимическим режимом водоема (на примере Белого моря) // Океанология, т.10, вып.2. С. 506-517.
- Федоров В.Д., Бобров Ю.А. 1977. Сезонные изменения некоторых показателей продуктивности фитопланктона Белого моря // Изв. АН СССР. Сер. биол., № 1. С. 104-112.