

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 285-291.

ОБЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ В ИЗМЕНЧИВОСТИ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ, ЭЛЕМЕНТОВ МОРСКОЙ СРЕДЫ БЕЛОГО МОРЯ И ЧИСЛЕННОСТИ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ, СОСТАВЛЕНИЕ ФОНОВЫХ ПРОГНОЗОВ

А.И. СМИРНОВА¹, Н.И. МИНИНА¹, Н.П. ЯКОВЛЕВА², В.П. АНТОНОВА³, Л.Г. АНТОНОВ³

¹ Санкт-Петербургское отделение Государственного океанографического института Росгидромета, С. Петербург

² Арктический и антарктический НИИ Росгидромета, Москва

³ Северное отделение Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (СевПИНРО), Архангельск

Исследования разномасштабной изменчивости гидрометеорологического режима прибрежных районов северо-западных морей в последние годы были существенно дополнены за счет рассмотрения современных особенностей колебаний элементов режима Белого моря, анализа изменчивости термохалинных характеристик в глубоководных районах, привлечения материалов по численности лососевых рыб и составления их фоновых прогнозов.

Анализ тенденций колебаний перечисленных процессов на историческом временном интервале позволил выявить аналогичные закономерности в межгодовой изменчивости элементов режима северо-западных шельфовых морей и в изменениях численности лососевых рыб. Выделенные особенности, подтвержденные корреляционными и спектральными оценками, определили выбор общеклиматических и однотипных региональных режимообразующих факторов, формирующих эти закономерности.

При комплексном исследовании общих закономерностей в межгодовой и долгопериодной изменчивости процессов использовались методы статистического оценивания вероятностных характеристик, а для выявления общих тенденций в колебаниях элементов гидрометеорологического режима и лососевых рыб была применена низкочастотная фильтрация с различными срезами фильтра. В результате применения многофакторного анализа были выявлены основные режимообразующие факторы, а модели множественной и авто – регрессий использовались для оценки тенденций на перспективу и при составлении фоновых прогнозов.

A.I. Smirnova, N.I. Minina, N.P. Jakovleva, V.P. Antonova, L.G. Antonov. General trends in the variability of global climatic and regional regime-forming factors, elements of sea environment in the White Sea and quantity of salmon fishes, making background prognoses // 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. 285-291.

The general regularities have been revealed in different-scale variability of hydrometeorological regime parameters in the White and Barents Seas, quantity of organisms living in seas, climatic and regional external factors. General trends in variations of sea parameters and regime-forming factors have been confirmed by the estimations of spectral density and correlation functions. Similar tendencies in variations of external factors and parameters of sea environment, where marine organisms (including salmon fishes) live, which were obtained from the results of joint analysis, allowed defining the main regime-forming processes affected indirectly changes in their quantity. Optimal equations have been chosen from the results of multi-factors analysis to calculate background forecasts of salmon quantity in the river Pechora and in the White Sea. The estimation of forecast accuracy confirmed the correctness of suggested method.

Исследования разномасштабной изменчивости гидрометеорологического режима прибрежных районов северо-западных морей (в том числе Белого моря), результаты которых были доложены на XI Конференции по промысловой океанографии и VIII Региональной конференции по Белому морю (Смирнова и др., 1999; 2001), в последние годы были существенно дополнены и расширены за счет рассмотрения современных особенностей колебаний элементов режима Белого моря, анализа изменчивости термохалинных характеристик в глубоководных рай-

онах, привлечения материалов по численности лососевых рыб и составления их фоновых прогнозов.

При постановке задачи учитывалось, что, с одной стороны, крупномасштабные изменения режима морских акваторий и жизнедеятельности организмов, обитающих в морской среде, развиваются на общеклиматическом и геофизическом фоне, а с другой – зависят от ряда региональных внешних факторов.

Анализ тенденций колебаний перечисленных процессов на историческом временном интервале, включающем современный этап, позволил выявить

аналогичные закономерности в межгодовой изменчивости элементов режима северо-западных шельфовых морей, и как следствие, – в изменениях численности лососевых рыб. Выделенные особенности, подтвержденные корреляционными и спектральными оценками, определили выбор общеклиматических и однотипных региональных режимообразующих факторов, формирующих эти закономерности.

К глобальным факторам относятся атмосферные процессы над Атлантико-Европейским сектором Северного полушария (западная W, восточная E и меридиональная S формы циркуляции) и показатель солнечной активности (числа Вольфа).

К числу региональных внешних процессов Белого моря принадлежит сток основных рек или суммарный сток, а для организмов, обитающих в морской среде, к таким формирующим процессам можно отнести термический режим. Учитывая, что морская среда одновременно является и средой обитания лососевых рыб, выделенные режимообразующие факторы могут воздействовать опосредованно и на изменчивость их численности. В качестве объекта исследований были выбраны:

- печорская семга, в связи с наличием длинных временных рядов и особенностей ее жизненного цикла, в течение которого она проходит «речную» стадию, мигрирует через Баренцево море в Атлантический океан и возвращается на нерест в реку Печору, испытывая, таким образом, на себе влияние тех же глобальных и региональных внешних факторов, которые формируют колебания режима шельфовых морей;
- семга Терского берега, временные ряды которой составляют уловы как по отдельным речкам, так и в целом по всему берегу (Мельникова, 1966). К сожалению, для анализа использовались материалы послевоенных лет – за 1940-е – 60-е годы.

При комплексном исследовании общих закономерностей в межгодовой и долгопериодной изменчивости процессов использовались методы статистического оценивания вероятностных характеристик, а для выявления общих тенденций в колебаниях элементов гидрометеорологического режима и лососевых рыб была применена низкочастотная фильтрация с различными срезами фильтра. В результате применения многофакторного анализа были выявлены основные режимообразующие факторы, а модели множественной и авто – регрессий использовались для оценки тенденций на перспективу и составления фоновых прогнозов.

Оценки современных особенностей режима солености прибрежных районов Белого моря за 1980-е – 90-е годы показали, что, несмотря на ее низкие значения на южных, юго-восточных и частично восточных станциях, средние величины солености за эти годы превышают «норму» на 0,33–1,77‰. В Горле, на северном берегу и в северо-западных районах моря в 1990-х годах сохранялся низкий уровень солености, причем, если в Чаваньге ее значения

были близки к «норме», то при продвижении к западу соленость была ниже «нормы» (от -0,24 до -0,92‰).

Особенности режима солености в глубоководных районах летом в поверхностных горизонтах имеют разнонаправленные тенденции в различных районах моря. В водах, поступающих из Баренцева моря, уровень солености продолжал оставаться ниже «нормы» на 0,10–0,30‰, а в Горле – на 0,5‰. В центральных районах, ближе к западному и восточному берегам, в 1990-е годы средняя соленость была выше «нормы» на 0,10–0,36‰, однако, в районе центральной глубоководной впадины, водные массы которой формируются за счет поступающих баренцевоморских вод, соленость продолжала быть ниже «нормы», в отдельных случаях до 2,0‰ и более. На нижней границе термоклина летний сезон 1990-х годов, практически, на всей акватории характеризовался величинами солености ниже «нормы».

Температурный режим прибрежных акваторий Белого моря в 1980 – 90-е годы, благодаря наличию высоких значений температуры воды в конце 1980-х годов, несмотря на изменение знака тенденций ее колебаний в начале 1990-х годов, продолжает сохранять положительные аномалии, которые достигают наибольших значений, до 0,4°C, в южных районах.

Наличие общих особенностей в межгодовой изменчивости элементов режима, внешних факторов и численности лососевых рыб, обитающих в Белом и Баренцевом морях, подтверждается результатами совместного анализа их спектральных и корреляционных оценок (Рис. 1). Для коррелограмм режимообразующих факторов, элементов термохалинного режима и численности печорской и беломорской семги характерно постепенное их затухание и значительный радиус корреляции, достигающий нескольких лет, а для атмосферных процессов – превосходящий 10 лет, что свидетельствует о значительном влиянии на изменчивость исследуемых процессов их предыстории.

Спектральные оценки перечисленных процессов характеризуются высоким вкладом низкочастотных составляющих в межгодовую изменчивость. Смещение энергетических максимумов спектральных характеристик климатических и региональных режимообразующих факторов в сторону низких частот подтвердило вероятность их существенного влияния на формирование особенностей долгопериодной изменчивости элементов режима морских акваторий.

Экспертные оценки направленности колебаний внешних факторов, термохалинных характеристик и численности семги показали наличие однонаправленных трендов (с некоторым опережением по времени режимообразующих процессов) в ходе их изменчивости на всем историческом интервале и на современном этапе, включая смену знаков тенденций и близкое по времени расположение экстремумов (Рис. 2).

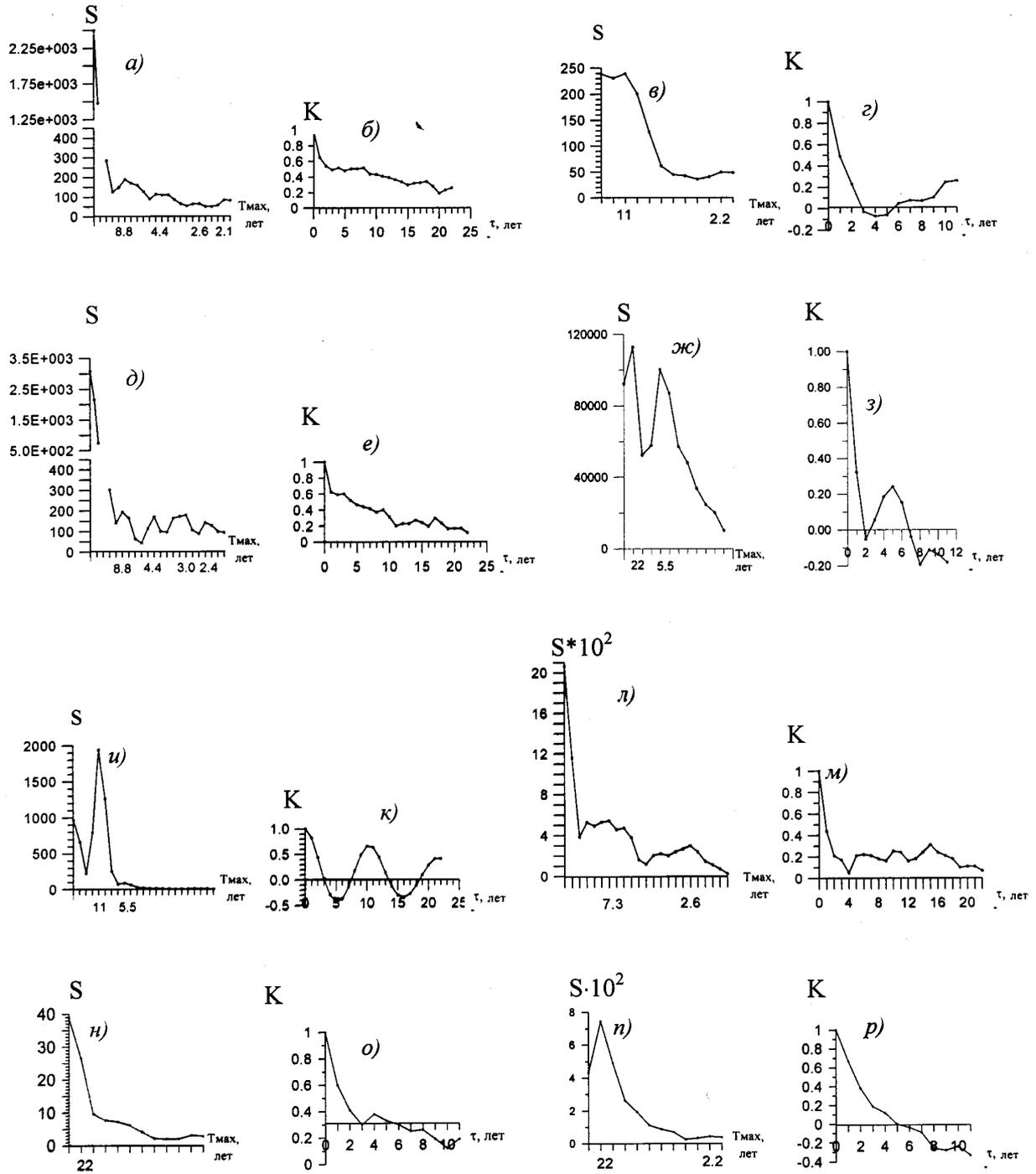


Рис. 1. Оценки спектральной плотности $S(a, в, д, ж, л, н, р)$ и корреляционных функций $K(б, г, е, з, к, м, о, р)$ режимобразующих факторов и численности нерестовых стад семги: форма атмосферной циркуляции W ($a, б$); форма атмосферной циркуляции E ($д, е$); числа Вольфа ($и, к$); численность нерестовых стад печорской семги ($в, г$); среднемесячные расходы р. Северная Двина ($ж, з$); относительные величины аномалии температуры воды в слое 0-200м на разрезе «Кольский меридиан» ($л, м$); соленость на ст. Жижгин ($н, о$); соленость на ст. 124, дно, август ($п, р$).

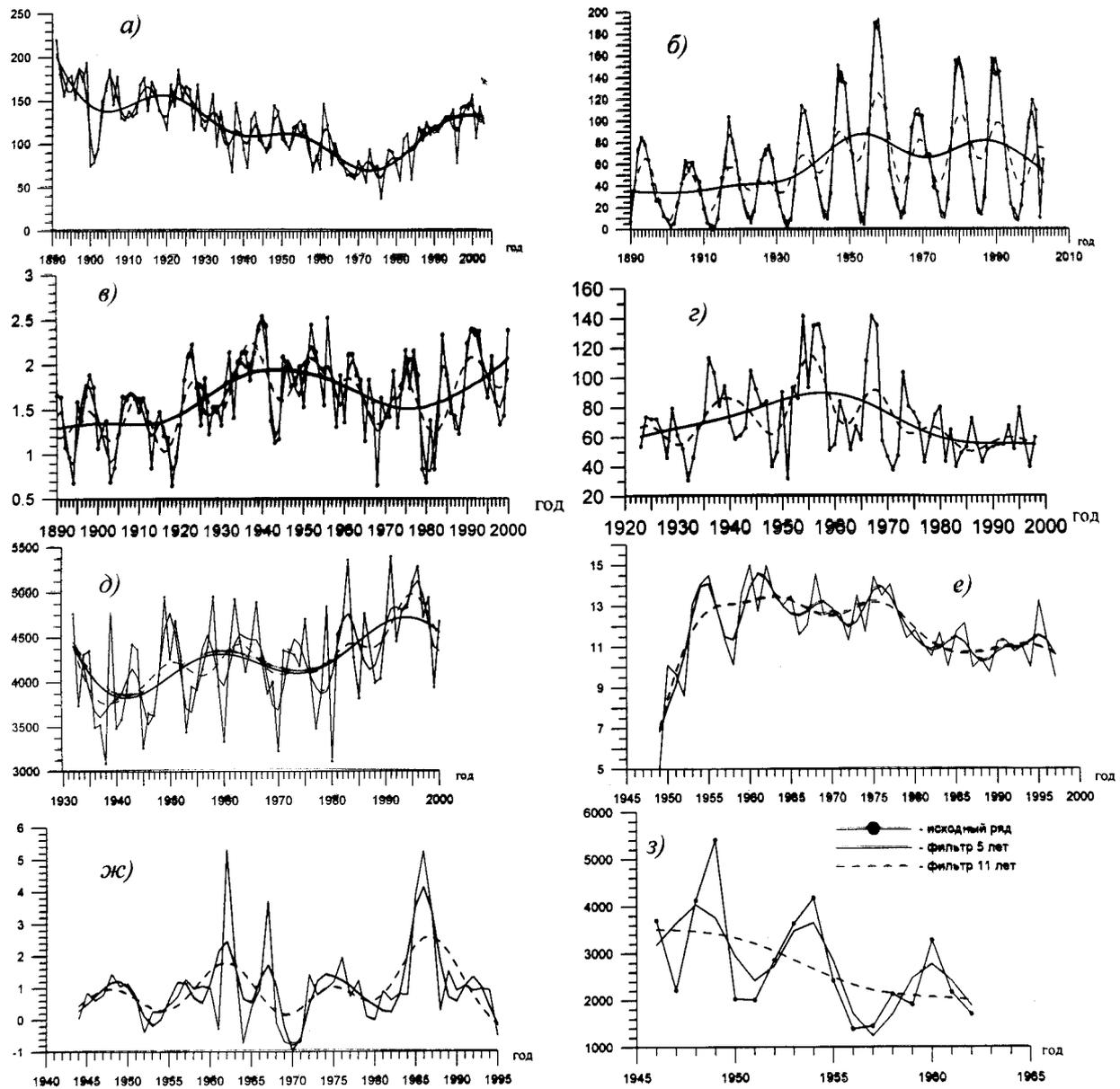


Рис. 2. Среднегодовые и отфильтрованные с различными срезами значения режимобразующих факторов элементов режима Белого и Баренцева морей и лососевых рыб:

а) повторяемость западной формы циркуляции W (сут); б) числа Вольфа; в) аномалии температуры воды в слое 0-200 м на разрезе «Кольский меридиан» (относительные величины); г) численность печорской семги (тыс.шт.); д) сток р.Печоры (m^3/c); е) соленость п. Кандалакша; ж) температура воды, ст.9, Белое море, гориз.80 м, октябрь; з) улов семги в целом по Белому морю (ц, Терский берег)

Однонаправленные тренды межгодовой изменчивости температуры воды прибрежных и глубоководных районов Белого и Баренцева морей во второй половине XX-го века имеют два длительных временных интервала уменьшения и последующего ее роста. В начале 90-х годов имел место режим, близкий к квазистационарному, со слабой тенденцией падения температуры. Длительное распреснение, начавшееся на морях северо-запада России в 60-х - 70-х годах, в конце XX века сменилось увеличением

солености, что хорошо согласуется с наметившимся падением речного стока.

К числу внешних факторов, вид межгодовой изменчивости которых наиболее близок к ходу колебаний численности печорской семги, можно отнести повторяемость меридиональной формы атмосферной циркуляции и относительные аномалии температуры воды на разрезе «Кольский меридиан», с определенным опережением по времени последних.

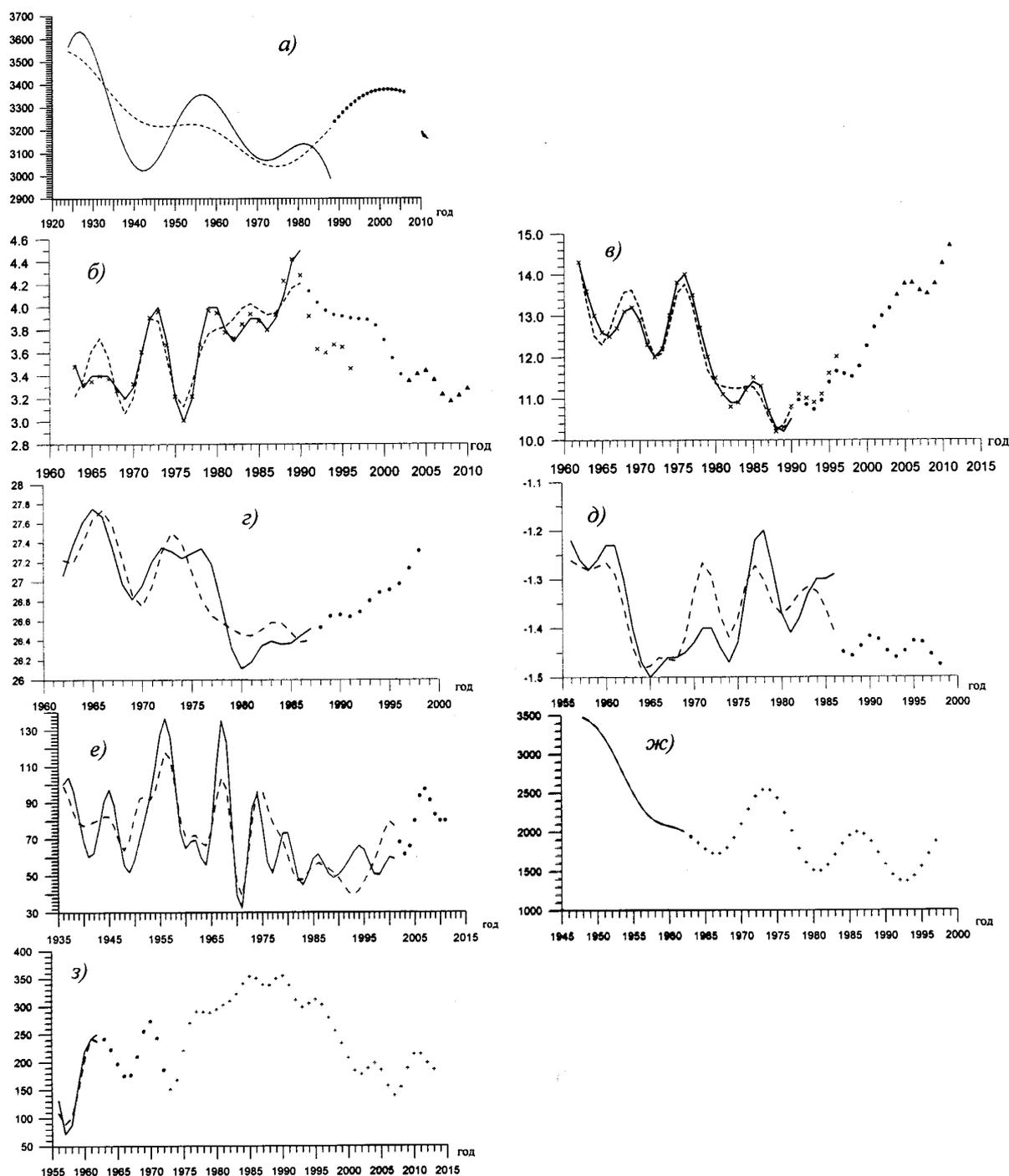


Рис. 3. Наблюдаемые и вычисленные по уравнениям регрессии прогностические тенденции колебаний региональных режимоформирующих факторов, элементов термохалинного режима Белого моря и численности лососевых рыб

Фактические (отфильтрованные) значения – сплошная линия; вычисленные значения – пунктир; расчет по уравнениям на независимые годы – точки, кресты и т.д.

а) сток р. Северная Двина (куб.м), фильтр 30 лет; б) температура воды у п. Кандалакша, фильтр 5 лет; в) соленость воды у п. Кандалакша, фильтр 5 лет; г) соленость на ст.124, октябрь, 0 м; д) температура воды на ст.124, август, дно, фильтр 5 лет; е) численность печорской семги (тыс.шт.), фильтр 5 лет; ж) семга Белого моря, прогноз суммарного улова(ц), фильтр 11 лет; з) семга Белого моря, прогноз по п. Чаваньга, фильтр 5 лет.

Таблица 1. Взаимнокорреляционные функции между численностью нерестовых стад печорской семги (тыс. штук) и западной (W), восточной (E) и меридиональной (C) формами атмосферной циркуляции, числами Вольфа и стоком р. Печора, при различных срезях фильтра и сдвигах по времени

	Сдвиг по времени, годы															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Численность нерестовых стад печорской семги (тыс. штук), 1923-2003, фильтр 5 лет																
W	-0,24	-0,14	-0,08	-0,07	-0,02	0,06	0,12	0,10	0,01	-0,03	0,07	0,30	0,50	0,53	0,38	0,20
E	0,11	0,07	-0,02	-0,11	-0,18	-0,18	-0,15	-0,13	-0,17	-0,29	-0,46	-0,61	-0,66	-0,61	-0,49	-0,38
C	0,15	0,08	0,14	0,27	0,31	0,21	0,08	0,07	0,26	0,50	0,63	0,55	0,37	0,26	0,27	0,33
Числа Вольфа	0,16	-0,10	-0,31	-0,36	-0,26	-0,06	0,15	0,31	0,38	0,35	0,17	-0,12	-0,39	-0,50	-0,40	-0,15
Сток р. Печора 1932-2003 гг	-0,31	-0,19	-0,12	-0,11	-0,12	-0,13	-0,17	-0,24	-0,29	-0,27	-0,20	-0,13	-0,15	-0,24	-0,30	-0,25
Численность нерестовых стад печорской семги (тыс. штук), 1923-2003, фильтр 11 лет																
W	-0,33	-0,27	-0,21	-0,15	-0,08	0,00	0,07	0,14	0,21	0,28	0,34	0,39	0,44	0,48	0,52	0,54
E	0,05	0,04	0,01	-0,03	-0,09	-0,17	-0,27	-0,39	-0,50	-0,61	-0,70	-0,76	-0,80	-0,80	-0,77	-0,72
C	0,38	0,32	0,28	0,25	0,26	0,29	0,36	0,45	0,55	0,64	0,71	0,74	0,73	0,67	0,57	0,45
Числа Вольфа	0,27	0,16	0,07	0,01	-0,01	0,01	0,05	0,09	0,11	0,09	0,03	-0,05	-0,13	-0,20	-0,24	-0,24
Сток р. Печора 1932-2003 гг	-0,52	-0,48	-0,44	-0,40	-0,38	-0,37	-0,37	-0,37	-0,38	-0,39	-0,40	-0,41	-0,42	-0,43	-0,44	-0,46
Численность нерестовых стад печорской семги (тыс. штук), 1923-2003, фильтр 30 лет																
W	-0,35	-0,28	-0,22	-0,15	-0,08	-0,01	0,05	0,12	0,19	0,25	0,32	0,38	0,44	0,50	0,56	0,62
E	-0,03	-0,11	-0,18	-0,25	-0,33	-0,40	-0,46	-0,53	-0,59	-0,65	-0,70	-0,75	-0,79	-0,83	-0,86	0,89
C	0,71	0,75	0,78	0,81	0,83	0,85	0,87	0,88	0,89	0,88	0,88	0,86	0,84	0,81	0,77	0,72
Числа Вольфа	0,37	0,33	0,29	0,26	0,22	0,18	0,13	0,09	0,04	-0,01	-0,06	-0,12	-0,17	-0,23	-0,29	-0,35
Сток р. Печора 1932-2003 гг	-0,68	-0,65	-0,63	-0,61	-0,60	-0,59	-0,58	-0,58	-0,58	-0,58	-0,58	-0,58	-0,58	-0,58	-0,57	-0,55

Тенденция межгодовой изменчивости уловов семги в целом по Терскому берегу Белого моря, с 1950-го года, практически совпадает с явным падением численности печорской семги до 60-х годов включительно. Таким образом, можно сделать вывод об однонаправленном воздействии на них глобальных внешних факторов.

Фоновые прогнозы региональных режимобразующих факторов Белого моря составлялись на основе анализа климатических факторов. При расчете прогностических тенденций стока рек, в частности Северной Двины (Рис. 3а), высокие оценки взаимнокорреляционных функций (0,8–0,9) подтвердили правомерность выбора внешних факторов. Согласно прогностическим оценкам тенденции к уменьшению речного стока в XX веке (отмеченные также и для рек водосборного бассейна Балтийского моря), формирующие современные особенности изменчивости элементов морской сред, могут сохраниться до 2005–2008 годов.

Коэффициенты корреляции уравнений множественной регрессии для различных элементов режима моря могут колебаться от 0,80 до 0,95; обеспеченность метода – от 80 до 100%, а эффективность – от 20 до 60%. Намечившаяся в 90-х годах тенденция к понижению температуры воды в прибрежных и глубоководных районах Белого моря (Рис. 3б, д) подтвердилась прогностическими расчетами, которые показали вероятность дальнейшего уменьшения температуры в начале третьего тысячелетия с некоторым замедлением его интенсивности. Осолонение вод, имевшее место также с начала 90-х годов, согласно прогностическим расчетам, может сохраниться и в XXI веке, как в прибрежных, так и в глубоководных районах (Рис. 3 в, г).

При выборе оптимальных вариантов уравнений множественной регрессии для составления фоновых прогнозов численности семги были использованы результаты взаимнокорреляционного анализа численности нерестовых стад семги (N_S) и режимооб-

разующих факторов, временные ряды которых были отфильтрованы со срезами 30, 11 и 5 лет для печорской семги (Табл. 1) и 11 и 5 лет – для беломорской.

Для вариантов сильного сглаживания корреляционные оценки могут достигать значительных величин (0,90–0,99).

Наиболее приближены к натурным данным временные ряды со срезом 5 лет, в качестве примера приведен вариант фонового прогноза печорской семги (Рис. 3е) с использованием в качестве предикторов только климатических режимообразующих внешних факторов. Коэффициент уравнения равен 0,82; обеспеченность метода 91%; эффективность прогноза 17%. Фоновый прогноз на независимые годы показал продолжение тенденций уменьшения N_S , начавшегося в 2001 г. до 2003 г., что полностью подтвердилось в последующем по данным наблюдений. В дальнейшем, согласно прогнозам, тенденция меняет знак, становясь более благоприятной, и численность печорской семги может достигнуть максимальных значений в 2006–2008 гг. (до 97 тыс. шт).

Что касается прогнозов улова семги на Терском берегу Белого моря, то для расчета суммарного улова использовались в качестве предикторов три формы атмосферной циркуляции, числа Вольфа и сток реки Онеги. При составлении прогнозов на независимые годы на конец XX-го века в уравнении использовались их современные значения (Рис. 3ж). Для расчета перспективных тенденций в пункте Ча-

ваньга в качестве предикторов были использованы только повторяемость восточной и меридиональной форм атмосферной циркуляции (Рис. 3з). Расчеты на независимые годы показывают длительную тенденцию к уменьшению уловов в конце XX-го века, их стабилизацию в начале XXI-го века и возможное увеличение после 2006 г.

Литература

- Мельникова М.Н. 1966. Семга Терского берега Белого моря. // В кн.: Рыбы Мурманской области. Мурманск. С. 152-168.
- Смирнова А.И., Яковлева Н.П., Терзиев Ф.С., Колесниченко Н.Н. 1999. Общие закономерности долгопериодной изменчивости гидрометеорологического режима северо-западных морей России, тенденции ее развития за исторический период, на современном этапе и в перспективе (на примере Белого и Балтийского морей) // Тез. докл. 9-й Всероссийской конференции по промысловой океанологии. Калининград, 14-18 сентября, 1999. Москва, ВНИРО. С. 43-44.
- Смирнова А.И., Терзиев Ф.С., Яковлева Н.П., Арсенчук М.О. 2001. Закономерности разномасштабной изменчивости элементов гидрометеорологического режима Белого моря, фоновые оценки их колебаний на современном этапе // Тез. докл. 8-й Региональной научно-практической конференции «Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря». Беломорск, 16–18 апреля 2001 г. Архангельск. С. 22-29.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 292-296.

ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ ТОЛЕРАНТНЫХ ПОЛИГОНОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ОТНОШЕНИЯ ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ К СОЛЕННОСТИ СРЕДЫ

А.О. СМУРОВ, А.Ю. КОМЕНДАНТОВ

Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

В результате анализа собственных и литературных данных была обоснована возможность выделения 4 экологических групп водных организмов по их отношению к фактору солености. Упомянутые группы являются общими как для одноклеточных организмов, так и для многоклеточных. В качестве критерия выделения групп предложен оригинальный метод, основанный на анализе толерантных полигонов и типов осмотических отношений организмов с внешней средой. К первой группе относятся животные, существующие от пресной воды до 6-8‰. Вторая группа пресноводных организмов выживает от 0 до 3‰, регулируя внутреннюю осмотичность в этих же пределах. Наиболее интересна группа, образуемая инфузориями комплексов *Paramecia aurelia* и *P. polycaryum*, способными выдерживать повышение солености до 12-16‰. Наконец, последняя группа образована истинно эвригалинными видами, переживающими прямой перенос из пресной воды в солености верхней границы толерантного диапазона, соответствующие океанической солености. Результаты работ позволили выделить экологические группировки видов, способных существовать в пресных и морских водах и описать предполагаемые пути возникновения этих групп.

A.O. Smurov & A.Yu. Komendantov. Use of salinity tolerance polygons for the analysis of attitude of water invertebrates to salinity factor // 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. 292-296.

The purpose of our research was to verify the hypothesis that it is possible to distinguish ecological groups of water organisms in relation to salinity. There are at least 4 ecological groups that can exist in fresh water. The central group includes species capable of existing in a range from freshwater up to approximately 6-8‰. The group, which can be called 'true freshwater species' originated from the group above mentioned. These species can exist at salinity not exceeding 2.5-3‰, and accordingly can regulate internal osmolarity in the same range. The most interesting freshwater group is formed by numerous species of *P. aurelia* complex, *P. polycaryum* and some bivalve species. These species can exist in considerably more salty waters up to 12-16‰. The final group includes forms, which can be called 'true euryhaline'. They can stand direct transfer to freshwater from upper limit of potential salinity tolerance. The upper limit of potential salinity tolerance is almost equal to ocean salinity. There are at least 3 ecological groups, which can exist in sea water. Salinity range for groups: 18-35‰, 26-35‰, 10-35‰.

Многие моря и континентальные водоемы имеют варьирующий соленостный режим. Сильные колебания солености в этом случае становятся лимитирующим фактором, который ограничивает фауны разного происхождения. В настоящее время изучение этого феномена развивается в трех направлениях: экспериментальное определение ширины соленостных толерантных диапазонов, изучение типов осмотических отношений внутренней среды водных организмов со средой внешней, анализ информации о соленостных границах распространения организмов в природе (Аладин, 1988). Все три аспекта достаточно хорошо изучены только у небольшого количества гидробионтов. Однако объем информации, полученной исследователями для каждого направления достаточно велик.

Аспект соленостных границ распространения гидробионтов освещен в литературе наиболее полно. Наилучшими объектами для реализации таких исследований являются водоемы, где соленость варьирует в широких пределах. Классическим поли-

гоном для исследований такого рода является Балтийское море, которое имеет плавный градиент от пресной воды до почти океанической солености. Первыми, кто проводил подобные изыскания на данном водоеме, были Remane (1934; 1940) и Valikangas (1926; 1933). Логика исследований в этом направлении с необходимостью приводит к попытке классификации солоноватоводных видов, населяющих эти водоемы, или к классификации по солености их вод (Хлебович, 1974).

Попытки классификации предпринимались и позднее (Dahl, 1956; Segestråle, 1959), в том числе в недавнем прошлом (Williams, 1972, 1991; Williams et. al., 1990). Необходимо отметить, что некоторые авторы предлагали сразу несколько систем, что вероятно связано с их неудовлетворительностью. Фактически, авторы создавали системы для одного какого-либо водоема или их группы.

Очевидно, что различия между системами объясняются взаимодействием фактора солености с другими факторами, в том числе и биотическими.

Значение взаимодействия факторов для этого случая хорошо известно (Филиппов, 1995).

Необходимым логическим дополнением этих систем может быть знание потенциальных соленостных диапазонов, которые отражают воздействие солености «в чистом виде». Анализ потенциальных толерантных диапазонов видов приводит к выделению экологических групп. Если проанализировать потенциальные толерантные диапазоны видов в связи с их осмотическими отношениями со средой, то возможно создать классификацию отношения организмов к солености среды. Эта классификация объединит результаты, полученные исследователями трех направлений, в единое целое.

Анализ собственных и литературных данных позволяет выделить экологические группировки видов, способных существовать в пресных и морских водах. Каждая из выделенных групп характеризуется определенной потенциальной соленостной толерантностью, адаптационными способностями, конкретными формами соленостного толерантного полигона и вариантами осмотических реакций. В случае если близкородственные организмы попадают в разные группы в отношении солености, то существует возможность провести комбинированный анализ филогенетических отношений и экологических групп видов. Таким образом, можно показать пути возникновения групп.

Так как толерантные полигоны содержат больше информации об адаптационных способностях видов, чем потенциальная толерантность, то характеристика выделенных групп основана на описании их формы. Соленостные толерантные полигоны всех исследованных к настоящему времени видов имеют характерную форму, которую в первом приближении можно считать усеченным эллипсом. Наиболее важными характеристиками полигонов можно полагать значение верхней толерантной границы при акклимации к пресной среде (начальная ордината), существование нижней толерантной границы отличающейся по значению от 0 (ноль соответствует пресной минерализации), площадь толерантного полигона; ширину зоны, в которой возрастает значение верхней толерантной границы при изменении солености акклимации (более подробное описание формы толерантного полигона (Комендантов, Смуров, наст. сб.).

Экологических групп, способных существовать в пресной и солоноватой воде не менее 4. Первая группа включает виды, способные существовать в пределах от пресной воды до приблизительно 6-8‰. Зона, в которой возрастает значение верхней толерантной границы при изменении солености акклимации, располагается от пресной среды до солености 2.5-3.5‰. Эти животные являются гиперосмотическими регуляторами.

Другая группа, которую можно назвать истинно пресноводными видами (стеногалинные пресноводные виды согласно Л.А. Зенкеичу (1961) происходят

от вышеупомянутой группы (Smurov, Fokin, 2001). Эти виды способны существовать при соленостях, не превышающих 2.5-3‰, и соответственно, могут регулировать внутреннюю осмолярность в этих пределах. Аналогичные экологические группы существуют у моллюсков (*Margaritana margaritifera*, *Amesoda scaldiana*). Кроме того, они способны длительное, но ограниченное время (приблизительно 2-2.5 недели) существовать в солености 3-3.5 ‰. В пределах потенциальной соленостной толерантности возможен их прямой перенос без предварительной акклимации. Среди инфузорий, возможно, существует группа, включающая кроме 2 видов парамеций (*P. trichium* и *P. bursaria*) большое количество обычных форм, например виды *Spirostomum* и *Loxodes*. Эти формы существуют в водоемах, которые имеют высокий уровень общей минерализации (2-3 г/л), при этом абсолютное содержание ионов Na^+ и Cl^- является незначительным. Эта особенность связана с регуляцией внутренней концентрации кальция.

Наиболее интересна экологическая группа, также ведущая происхождение от видов первой группы. В качестве примера можно привести парамеций комплекса *P. aurelia* и *P. polycaryum*. Эти виды могут существовать в более соленой воде - до 12-16‰. Левая часть их толерантных полигонов приблизительно соответствует толерантным полигонам центральной группы, правую часть следует считать новообразованием. Это дает то преимущество, что позволяет выживать в соленостях выше 8-9‰, хотя темп деления клеток существенно уменьшается. Аналогичная экологическая группа, которая способна существовать в пределах от пресной воды до 12-18‰ была найдена у остракод (Aladin, 1996). В левой части потенциального толерантного диапазона осуществляется гиперосмотическая регуляция. Начиная с солености акклимации 6,5-8‰ наблюдается тенденция к уменьшению степени гиперосмотичности.

Четвертая группа включает формы, которые можно назвать истинно эвригалинными (термин вводится нами). Они могут переносить прямой перенос от верхней потенциальной соленостной границы непосредственно в пресную воду. Верхняя граница потенциальной толерантности почти равна океанической солености. Зона, в которой возрастает значение верхней толерантной границы при изменении солености акклимации, располагается от пресной среды до солености 4-5‰. Эти виды характеризуются высокими значениями начальной ординаты - до 16-25‰. Начиная с солености акклимации 6,5-8‰, наблюдается тенденция к уменьшению степени гиперосмотичности вплоть до практически полной изоосмотичности при соленостях близких к летальным. Виды этой группы ведут происхождение от обитателей пресных вод, что надежно доказано для парамеций.

Виды морского происхождения разделяются по меньшей мере на 3 группы. Все они являются осмоконформерами: осмолярность внутренней среды превышает либо незначительно, либо недостоверно осмолярность среды внешней.

Наиболее четко ограничена группа, к которой принадлежат формы, способные существовать в интервале солености от 1-6‰ до 65-70‰. Форма их толерантных полигонов сходна с формой полигонов истинно эвригалинных видов, но с существенными отличиями. Во-первых, толерантный полигон сдвинут вправо и расширен в области высоких соленостей. Во-вторых, значение начальной ординаты сильно варьирует: 23-50‰. В области низких соленостей эти виды осуществляют гиперосмотическую регуляцию, в области высоких (близких к океанической) соленостей они изоосмотики.

Вторая группа ведет происхождение от стеногалинных морских форм, которые способны существовать в пределах 30-40‰. Форма их толерантных полигонов близка к прямоугольной. Возможны прямые переносы в пределах всего полигона толерантности. В качестве примера можно указать многие виды иглокожих, морских остракод, некоторые виды инфузорий, дальневосточных моллюсков. Анализ сходства потенциальной толерантности видов с использованием меры сходства Чекановского-Серенсена приводит к выделению 3 групп видов, различающихся по соленостной толерантности. Происхождение групп морских видов остракод достаточно очевидно показывает Рис. 1.

Связь между соленостной толерантностью организмов и их осмотическими отношениями со сре-

дой в некоторых случаях достаточно очевидна. Согласно общепринятым воззрениям в пресных водах могут существовать как пресноводные, так и эвригалинные и солоноватоводные организмы. Сейчас всеми исследователями признается, что способность поддерживать общую осмотическую концентрацию внутри организма на более высоком уровне, чем во внешней среде является необходимым условием для жизни в пресной воде или в воде с низкой минерализацией (Аладин, 1996). Известно, что пресноводные низкоорганизованные ракообразные способны акклиматизироваться к соленостям настолько высоким, насколько высока соленость их внутренней среды в пресной воде (Беляев, 1950; Хлебович, 1974). Согласно Аладину (1996), толерантные диапазоны осмоконформных организмов в какой-то мере определяются диапазонами соленостей, при которых клетки способны регулировать свой объем.

В настоящее время можно объединить данные по форме соленостного толерантного полигона организма с особенностями осмотической регуляции его внутренней среды (или цитоплазмы для одноклеточных организмов).

Виды морского происхождения, изоосмотичные по отношению к внешней среде, имеют границы толерантного полигона на графике, параллельные линии изоосмотичности (Рис. 2).

Линейное изменение толерантных границ в зависимости от солености акклимации характерно также для видов, осуществляющих гиперосмотическую регуляцию внутренней среды (Рис. 3).

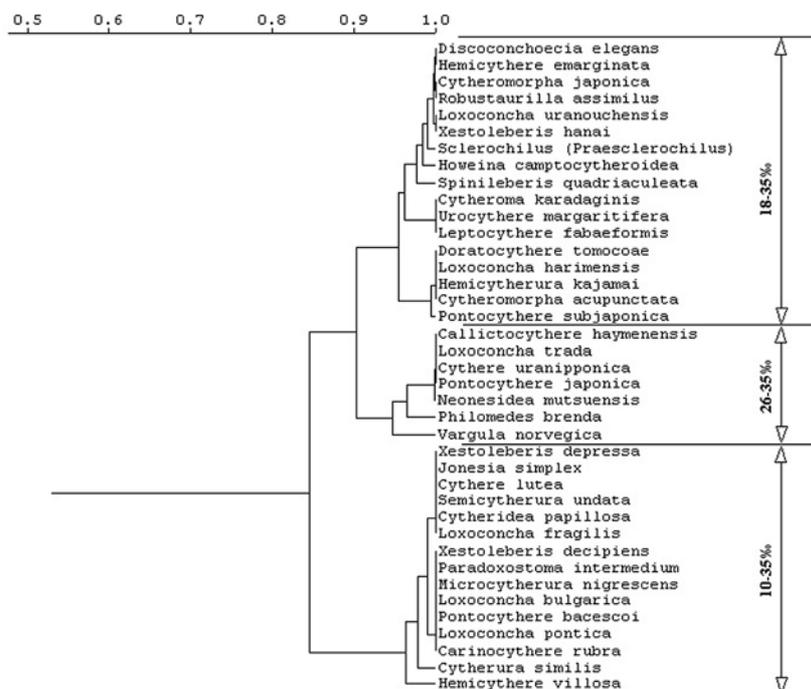


Рис. 1. Диаграмма сходства потенциальной соленостной толерантности некоторых видов *Ostracoda*. Кластеризация проведена по методу взвешенного среднего

Если осмотичность внутри организма изменяется ступенчато, как например у инфузории *Paramecium multimicronucleatum*, то значения толерантных границ изменяются нелинейно (Рис. 4).

В предложенной нами классификации отсутствуют виды, осуществляющие гипоосмотическую

регуляцию внутренней среды в связи с отсутствием полноценных данных по их соленостной толерантности.

Работа поддержана грантами РФФИ N 04-04-98801_a и РФФИ № 04-04-49811_a.

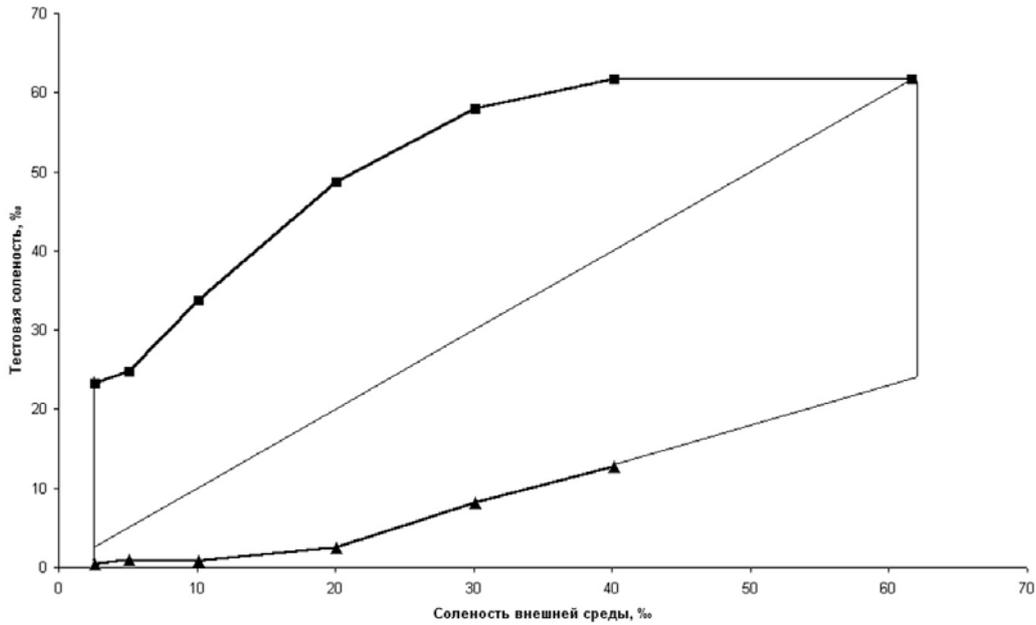


Рис. 2. Соленостный толерантный полигон и осмотические отношения со средой *Macoma balthica*

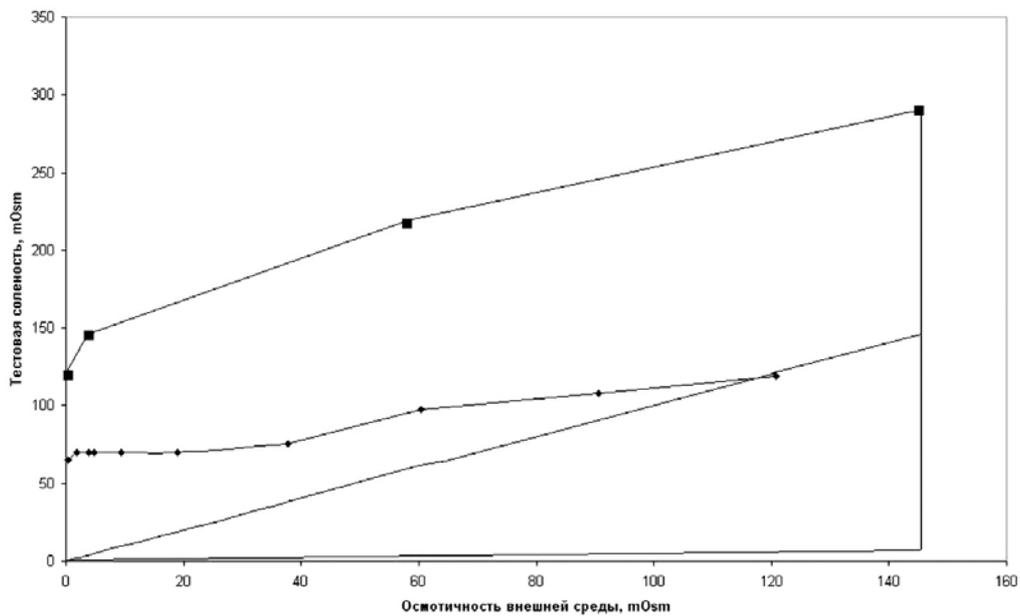


Рис. 3. Соленостный толерантный полигон и осмотические отношения со средой *Dreissena polymorpha*

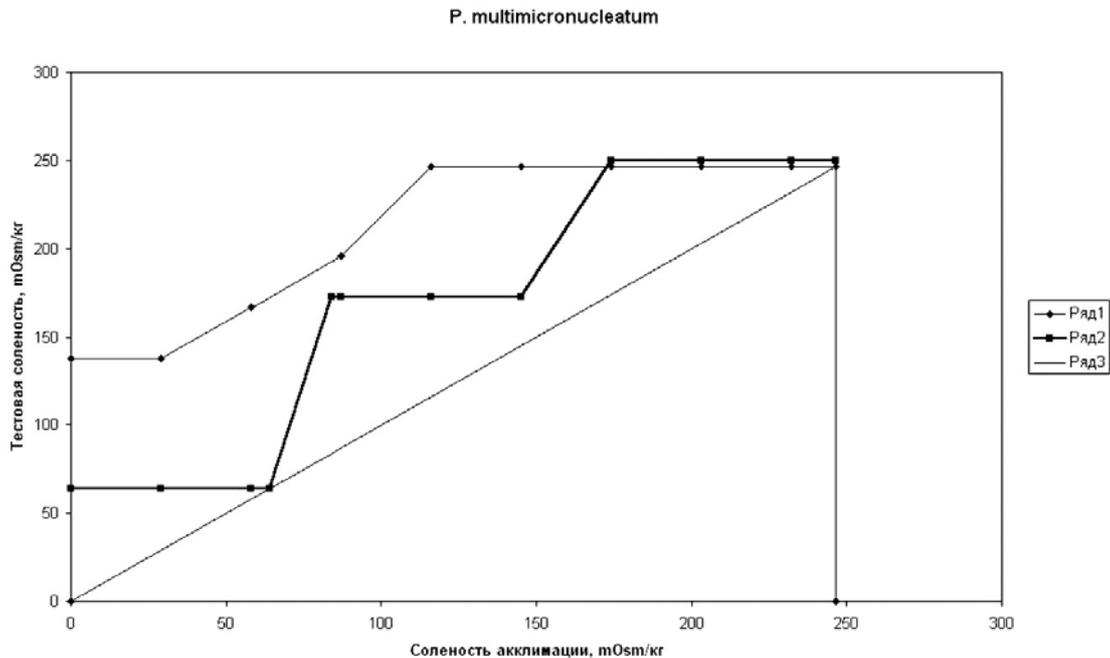


Рис. 4. Соленостный толерантный полигон и осмотические отношения со средой *Paramecium multimicronucleatum*

Литература

- Аладин Н.В. 1996. Соленостные адаптации Ostracoda и Branchiopoda // Труды Зоол. Инст. РАН. Т. 65. 207 с.
- Аладин Н.В. 1988. Концепция относительности и множественности зон барьерных соленостей // Журн. общ. биол. Т. 67. Вып. 7. С. 974-982.
- Беляев Г.М. 1950. Осморегуляторные особенности низших ракообразных материковых вод // Тр. Всесоюз. Гидробиол. Об-ва. Т. 3. С. 194-213.
- Зенкевич Л.А. 1961. Биология морей СССР. М.: Изд. АН СССР. 739 с.
- Книпович Н.М. 1938. Гидрология морей и солоноватых вод. М.-Л.: Пищпромиздат. 513 с.
- Филиппов А.А. 1995. К вопросу о солеустойчивости донных организмов Аральского моря // Тр. ЗИН РАН. Т. 262. Часть I. Биологические и природоведческие проблемы Аральского моря и Приаралья. СПб. С. 65-102.
- Хлебович В.В. 1974. Критическая соленость биологических процессов. Л.: Наука. 235 с.
- Dahl E. 1956. Ecological salinity boundaries in poikilohaline waters // Oikos. Vol. 7. P. 1-27.
- Filippov A.A. 1998. On the method for estimating the salinity tolerance of water invertebrates // Rus. J. Ecology. Vol. 29. P. 253-257.
- Segestråle S.G. 1959. Brackishwater classification: a historical survey // Arch. oceanograph., Limnol. Vol. 11. P. 7-33.
- Smurov A.O., Fokin S.I. 2001. Use of salinity tolerance data for investigation of phylogeny of *Paramecium* (*Ciliophora*, *Peniculia*) // Protistology. V. 2, №2. P. 130-138.
- Struder-Kypke M.C., Wright A.G., Fokin S.I., Lynn H.L. 2000. Phylogenetic relationships of the subclass *Peniculia* (*Oligohymenophorea*, *Ciliophora*) inferred from small subunit rRNA gene sequences // J. Eukaryot. Microbiol. Vol. 47. P. 419-429.
- Remane A. 1934. Brackwasserfauna // Zool. Anz. Vol. 7. P. 34-74.
- Remane A. 1940. Einführung in die Zoologische Ökologie der Nord- und Ostsee // Tierwelt der Nord und Ostsee. Stuttgart. Vol. 34. P. 1-238.
- Valikangas I. 1926. Planktonogische Untersuchungen im Hafengebiet von Helsingfors // Acta Zool. Fennica. Vol. 1. P. 1-298.
- Valikangas I. 1933. Über die Biologie der Ostsee als Brackwassergebiet // Vehr. Intern. Vereinig. Limnol. Vol. 6. P. 62-112.
- Williams W.D. 1972. The uniqueness of salt lake ecosystem. // Perspective Problems of Freshwaters. Warszawa-Krakov, P. 350-361.
- Williams W.D., Boulton, A.J., Taaffe R.G. 1990. Salinity as a determinant of salt lake fauna: a question of scale. // Hydrobiologia. Vol. 197. P. 257-266.
- Williams W.D. (ed). 1991. Salt lakes and salinity. Junk, Dordrecht.
- Zenkevitch L.A. The classification of the brackish-water basins, as exemplified by seas of the USSR // Arch. oceanog. e. limnol. Vol. 11. P. 53-61.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 297-300.

О ЗАХОДАХ БЕЛОМОРСКОЙ СЕЛЬДИ (*Clupea pallasii marisalbi* Berg, 1923) В ЮГО-ВОСТОЧНЫЕ РАЙОНЫ БАРЕНЦЕВА МОРЯ ПО МАТЕРИАЛАМ 2002-2003 гг.

Н.И. СТАСЕНКОВА

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

Представлены биологические материалы по малопозвонковой сельди Баренцева моря в 2002-2003 гг., а также проанализированы литературные данные по сельди Белого и юго-восточной части Баренцева моря. Рассмотрены (описаны) течения, проходящие через эти районы. Дана краткая характеристика гидрологических условий и состояние гидробиологических сообществ в Белом, Баренцевом и юго-восточной части Баренцева моря в 2003 г. Сделали предположение, что в 2003 г., из-за неблагоприятных гидрологических условий и отсутствия достаточной кормовой базы в Кандалакшском и Онежском заливах, какая-то часть сельди Белого моря (или беломорской сельди), ушла на нагул в юго-восточные районы Баренцева моря.

N.I. Stasenkova. A note on the appearance of the White Sea herring (*Clupea pallasii marisalbi* Berg, 1923) in the south-eastern regions of the Barents Sea in 2002-2003 // 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. 297-300.

Biological data on the small-vertebra herring of the Barents Sea in 2002-2003 and analysis of literature data on the herring of the White Sea and south-eastern part of the Barents Sea are presented. Currents flowing through these regions are described. Hydrological conditions and situation in hydrobiological communities in 2003 in the White Sea and Barents Sea including its south-eastern part are briefly characterized. It was assumed that in 2003 owing to adverse hydrological conditions and absence of sufficient fodder supplies in Kandalakshian and Onegian gulfs some part of herring from the White Sea withdrew for the pasturing to the south-eastern regions of the Barents Sea.

О заходах беломорской сельди (*Clupea pallasii marisalbi* Berg, 1923) в Баренцево море известно мало. В литературе мы находим только одно упоминание в работе у И.В. Шутовой-Корж (1958), где она указывает на то, что отдельные экземпляры малопозвонковой сельди, пойманные в Баренцевом море у побережья Мурмана западнее Святого Носа, приходят сюда с многопозвонковой сельдью из Белого моря. О миграциях беломорской сельди в юго-восточную часть Баренцева моря сведений в литературе нет.

В районах Белого и Баренцева моря, где встречается сельдь (*Clupea pallasii suworovi* Rabinerson, 1927), гидрологические условия (температура воды и воздуха, течения, ледовые условия и другие факторы) отличаются большим разнообразием.

Течения в морях оказывают большое влияние на живые организмы, а также являются ориентиром для них при миграции. Многолетние исследования показали, что система течений в Белом и Баренцевом морях достаточно сложна. Так, из Баренцева моря приливное течение, прижимаясь к Кольскому п-ову, распространяется вдоль западного берега Горла, Терского берега и северо-восточного берега Кандалакшского залива. Отливное и стоковое течения, направленные вдоль западного берега Горла и Воронки, содействуют стоку беломорских вод в Баренцево море.

В Восточно-Прибрежном районе Баренцева моря, где Прибрежная ветвь Мурманского течения смешивается с водными массами, выходящими из Горла Белого моря, система течений неустойчива. Через Канинскую банку проходят Беломорское, Канинское и Прибрежные течения, а также существуют мощные приливные течения; через Канино-Колгуевское мелководье - Беломорское и Канинская ветвь Мурманского течений. Беломорское течение, уходя далее на восток, сильно ослабевает и в Печорском районе его влияние становится незначительным.

Не менее важным стимулом для миграций беломорской сельди, чем температура и течения является кормовая база. Установлено, что роль отдельных пищевых организмов в питании беломорской сельди в различных районах Белого моря не одинакова. Так, ряд авторов (Герасимова, Подражанская, 1987; Тарвердиева и др., 2000) считают, что мелкий зоопланктон часто встречается в пище взрослой беломорской сельди, но основой все же являются крупные зоопланктеры, численность которых на акватории Белого моря в целом сравнительно невелика. Было отмечено, что в Кандалакшском заливе сельдь нагуливается главным образом на эвфаузиновых рачках *Thysanoessa raschii*. В Воронке Белого моря основу питания сельди также составляют эвфаузииды и мелкие копеподы.

Материал и методика

Материал по сельди собран в Баренцевом море осенью 2002 г. и летне-осенний период 2003 г. В 2002 г. в осеннем рейсе с 24 по 29 октября на НИС «Поиск», были выполнены траловоакустическая (ТАС) и гидроакустическая съемки (ГАС). В этот период проводился поиск сельди в Белом море в районе Терского берега и Баренцевом море в районах Канинской банки, Канино-Колгуевского мелководья, Восточно-Прибрежном районе.

Сбор акустических данных осуществлялся с помощью эхолота EY-500 с рабочей частотой 38 Кгц. Обработка данных проводилась в программах пакетах Ewell, Surfer, MapInfo, Word.

В 2003 г. в августе-сентябре был выполнен сбор биологического материала из траловых уловов в юго-восточных районах Баренцева моря в Вайгачском, Печорском, Колгуевском, Чешской и Индигской губах.

Для написания статьи были использованы источники: «Промысловое описание Баренцева моря» (Труды ПИНРО часть 4 (1979), часть 5 (1981)), «Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР» (Баренцево море, Т.1 (1990)); «Белое море», Т. 2 (1991), на которые в тексте нет ссылок.

Результаты и обсуждение

Гидрологическая и гидробиологическая характеристики

Анализ сезонных изменений температуры прибрежных вод и кормовой базы в различных районах Белого и Баренцева морей в 2003 г. позволил исследователям ПИНРО и СевПИНРО условно охарактеризовать их следующим образом.

В Баренцевом море гидрометеорологические и океанографические условия в 2003 г. имели следующие особенности: в весенне-летний период сезонный прогрев поверхностного слоя в зоне действия ветвей Мурманского течения проходил интенсивно и превышал среднемноголетние показатели, что вызвало увеличение положительных аномалий температуры воды в верхнем 50-метровом слое. В слое 0-200 м воды Прибрежной ветви Мурманского течения были теплее обычного.

Обзор состояния кормового планктона Баренцева моря в 2003 г. показал, что численность преднерестового фонда эвфаузиид к началу 2003 г. была почти в 3 раза выше среднемноголетнего значения как на юге, так и северо-западе моря – 1159 и 1354 против 390 и 420 экз./1000 м³ соответственно. Скопления эвфаузиид во всех исследованных районах формировались в основном за счет баренцевоморских местных видов *Thysanoessa inermis*, *Th. raschii*, высокая численность которых обусловила наличие обширных зон с плотностью рачков более 1000 экз./1000 м³ как на севере-западе, так и на юге моря.

На юго-востоке Баренцева моря в 2003 г. устойчивый переход температуры поверхностных вод к положительным значениям произошел в третьей декаде мая. С первой декады июля начался прогрев

вод, который продолжался до второй декады августа. В целом температура поверхностных вод в июле-августе соответствовала грациям выше нормы и значительно выше нормы.

Зоопланктонные сообщества юго-восточной части Баренцева моря в период исследований в 2003 г. по развитию и структуре соответствовали раннелетним. Прибрежный зоопланктон был несколько богаче, чем в открытых частях моря, его средняя биомасса составила 50-200 мг/м³. По видовому составу зоопланктон в основном был представлен тепловодными неретическими организмами: *Temora longicornis*, *Acartia bifilosa*, *Centropages hamatus*. Характеристики зоопланктона юго-востока Баренцева моря в 2003 г. в целом соответствовали среднемноголетним. В Чешской губе он был несколько богаче, а в Печорской губе – беднее по сравнению с многолетним уровнем. Гидрологические условия года способствовали созданию хороших условий для откорма пелагических видов рыб.

В Белом море в 2003 г. была отмечена задержка развития зоопланктонных сообществ Белого моря из-за низкой температуры воды в конце апреля-начале мая в Кандалакшском и особенно Онежском заливах. Июнь характеризовался отрицательными аномалиями температуры воды. Несмотря на то, что весну на Белом море в целом следует считать теплой, ее вторая половина, имеющая важное значение для развития гидробионтов, характеризовалась сравнительно холодными условиями. В весенний период 2003 г. зоопланктон Белого моря в целом был беднее, чем в 2002 г. и его биомасса была существенно ниже среднемноголетней. Особенно это заметно проявилось в Кандалакшском и Онежском заливах.

Биологическая характеристика

Многолетние наблюдения показали, что на местах нереста в Чешской губе Баренцева моря сельдь в возрасте 3 года имеет длину от 15.5 до 17.0 см, массу от 30 до 42 г; в возрасте 4 года – длину от 18 до 19 см, массу от 52 до 83 г; в возрасте 5 лет – длину от 19 до 21 см, массу от 52 до 83 г. Средние показатели длины и массы представлены в таблице 1. Беломорская сельдь в этих возрастах имеет меньшие показатели.

Собранные в 2003 г. материалы позволили выполнить сравнительный анализ параметров сельди с мест нереста и нагула юго-восточной части Баренцева и Белого морей. В результате анализа было выявлено, что в 2003 г. на местах нагула в юго-восточной части Баренцева моря встречалась сельдь, биологические показатели длины и массы, которой были более близки показателям беломорской сельди (Табл. 2).

По многолетним наблюдениям (более 30 лет), чешско-печорская сельдь при длине 14.3 см и массе 22.6 г никогда не бывает половозрелой. Сельдь, которая вылавливалась на местах нагула, с такими биологическими показателями, имела стадии зрелости 6 и 6-2. Мы считаем, что это является наиболее важным аргументом в пользу беломорской сельди (Табл. 3).

Таблица 1. Биологические показатели нерестовой сельди (по многолетним данным) из Белого и юго-восточной части Баренцева морей

Район	АС, см			Масса, г		
	Возраст			Возраст		
	3	4	5	3	4	5
<i>Белое море</i>						
Кандалакшский залив (1971-1981; 2001-2004)	14.4	15.5	16.1	25.3	30.0	35.2
Онежский залив (1971-1981; 2001-2004)	13.6	14.8	15.3	18.5	22.9	27.1
<i>Баренцево море</i>						
Чешская губа (1976-1984; 1994-2002)	16.3	18.2	19.8	35.9	56.5	66.7
Губа Ременка (1981-1984)	15.8	17.9	19.0	32.2	52.3	59.3

Таблица 2. Биологические показатели сельди из Белого и юго-восточной части Баренцева морей в 2003 г.

Район	АС, см			Масса, г		
	Возраст			Возраст		
	3	4	5	3	4	5
<i>Белое море, июнь 2003 г., нерестовое стадо (по материалам С.Б.Фролова)</i>						
Кандалакшский залив,	14.4	14.9	15.3	23.9	26.7	29.5
Онежский залив	13.7	14.3	14.9	18.1	21.1	24.2
<i>Баренцево море, июль 2003 г., нерестовое стадо</i>						
Чешская губа	19.1*	19.4	21.2	61.1*	59.7	80.6
<i>Баренцево море, август-сентябрь 2003 г., районы нагула</i>						
Колгуевский	<u>15.3</u> 14.0-16.3	<u>16.4</u> 14.3-18.7	<u>17.2</u> 16.4-18.2	<u>29.3</u> 19.9-38.0	<u>36.6</u> 22.6-62.7	<u>44.7</u> 34.8-51.0
Инди́гская губа	<u>14.4</u> 13.8;15.0	<u>16.3</u> 14.5-18.4	-	<u>20.6</u> 18.3;22.9	<u>34.5</u> 23.2-50.2	-
Печорский	<u>16.1</u> 15.0-17.2	<u>17.3</u> 15.3-17.7	<u>18.2</u> 16.9-19.3	<u>33.8</u> 24.7-41.9	<u>39.4</u> 28.6-53.1	<u>53.1</u> 35.3-73.7
Вайгачский	<u>16.1</u> 15.7-16.5	<u>18.3</u> 17.6-19.2	<u>19.0</u> 18.2-20.9	<u>39.2</u> 35.5-42.3	<u>53.8</u> 42.1-63.2	<u>61.9</u> 59.1-64.3

Примечания: Над чертой – средние показатели длины и массы сельди; под чертой – колебания (пределы) этих показателей; * -единичные экземпляры

Таблица 3. Биологические показатели мало позвоночной сельди со стадией зрелости (6, 6-2) из юго-восточной части Баренцева моря в 2003 г.

Район	Стадия зрелости 6; 6-2					
	АС, см (колебания)			Масса, г (колебания)		
	Возраст			Возраст		
	3	4	5	3	4	5
Колгуевский	-	14.3-18.7	17.3	-	22.6-62.7	47.2
Инди́гская губа	-	14.5-18.4	-	-	23.2-50.2	-
Печорский	16.2	15.4-17.7	16.9-18.5	39.0	28.6-53.1	35.3-52.9
Вайгачский	16.5	16.7-18.8	18.2-20.9	42.3	42.1-63.2	54.5-74.9

Это позволило сделать предположение, что на местах нагула в юго-восточной части Баренцева моря присутствовала мало позвоночная сельдь Белого моря. В то же время необходимо отметить, что по мере удаления на восток (Печорский и Вайгачский районы), биологические показатели нагульной сельди становились все более схожими с биологическими показателями чешско-печорской сельди (с мест нереста). Это указывает на то, что условная граница проникновения беломорской сельди на восток в 2003 г. находилась ориентировочно в Колгуевском районе.

Таким образом, наши материалы, собранные осенью в октябре 2002 г. и августе-сентябре 2003 г., подтверждают высказывание И.В. Шutowой-Корж (1958) о том, что беломорская сельдь может выходить за пределы Белого моря и может нагуливаться в ближайших к Белому морю районах Баренцева моря. В 2002 г. она была обнаружена не только в Восточно-Прибрежном районе, но и в районе Канинской банки. В 2003 г. биологические материалы показали, что беломорская сельдь может уходить даже на юго-восток Баренцева моря до Колгуевского района, видимо, ориентируясь на течения и кормовые условия.

Заключение

Проанализировав биологический материал по беломорской и чешско-печорской сельди пришли к выводу, что в 2003 г. в юго-восточных районах Баренцева моря могла присутствовать сельдь Белого моря, которая впервые так далеко зашла в Баренцево море.

Отмечено, что в 2003 г. сельдь с более низкими показателями длины и массы, чем имеет нерестовая чешско-печорская сельдь, встречалась на Канино-Колгуевском и Колгуевском районах, а также в Поморском проливе и в Индигской губе.

На основании сведений из литературы, анализа гидрологических и гидробиологических данных, а также сравнения биологических показателей (длины, массы, стадий зрелости по возрастным группам) по беломорской и чешско-печорской сельди, предположили, что в 2003 г. в Индигской губе и Колгуевском районе присутствовала сельдь Белого моря. Полагаем, что это могла быть сельдь из Онежского или Кандалакшского заливов, которая обычно нагуливается в районах Бассейна Белого моря.

Причинами такой миграции можно считать особенности гидрологического режима и развития кормовой базы в Кандалакшском и Онежском заливах Белого и юго-восточной части Баренцева морей.

Литература

- Герасимова О.В., Подражанская С.Г. 1987. Условия питания и перспективы исследований пищевых взаимоотношений рыб Белого моря // Проблемы изучения рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря / Тез. докл. 3-й региональной конференции, книга 2. Кандалакша. С. 269-274.
- Стасенкова Н.И., Рудоманов С.П., Стасенков В.А., Москвин А.А. 2003. Материалы к оценке численности и изучению осеннего распределения молоди мало позвоночной сельди (*Clupea pallasii suworovi* Rabinerson, 1927) в 2002 г. // Материалы отчетной сессии Северного отделения ПИНРО по итогам научно-исследовательских работ 2001-2002 гг. - Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та. С. 164-173.
- Тарвердиева М.И., Подражанская С.Г., Гнетнева Л.В. 2000. Питание сельди (*Clupea harengus maris-albi* Berg) в разных районах Белого моря // Морские гидробиологические исследования (Сборник научных трудов). М.: Изд-во ВНИРО. С. 170-185.
- Шutowа-Корж И.В. 1958. Распределение мало позвоночной сельди в Баренцевом море // Научно-технический бюллетень ПИНРО №3 (7). Мурманск. С. 42-44.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 301-304.

СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ВОДЫ БЕЛОГО МОРЯ

А.В. ТОЛСТИКОВ, М.П. ПЕТРОВ

Институт водных проблем Севера Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

Рассматривается метод нелинейного по параметрам регрессионного оценивания по модели, созданной для описания температурного режима крупнейших озер Европы – Ладожского и Онежского, – применительно к изучению температурного режима Белого моря.

A.V. Tolstikov, M.P. Petrov. Stochastic model of temperature conditions in the upper layer of the White Sea // 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. 301-304.

The method of nonlinear regression analysis based on the model is proposed. This model was worked out for the description of temperature regime in the greatest European lakes (Ladoga and Onega) and now applied for the investigation of temperature regime in the White Sea.

В настоящей работе предлагается метод нахождения средних значений температуры воды за многолетний период, с целью охарактеризовать сезонные температурные особенности различных районов Белого моря. Предложенная модель позволяет решать конкретные практические задачи, связанные, например, с расчетом времени замерзания и освобождения ото льда портов водоема, осуществлением мониторинга районов рыбозаповедения, проектированием пунктов разведения марикультуры.

Представленные материалы основаны на анализе многолетних рядов данных о температуре поверхностного слоя воды Белого моря (Толстикова, 2002). Все ряды, содержащие интересующие нас данные с дискретностью 6 ч. по девяти станциям (Рис. 1) за период 1977-1999 гг., получены во ВНИИГМИ-МЦД (г. Обнинск) и обработаны с помощью метода нелинейного оценивания (Драйпер, Смит, 1986). Для выполнения процедур аппроксимации был выбран пакет статистического анализа Statistica 5.5 (Nonlinear estimation).

Коэффициент линейной корреляции r между всеми рядами данных колеблется от 0,93 до 0,99 (Табл. 1), что позволяет высказать предположение о доминировании глобальных процессов над локальными в исследуемом районе.

Для всех станций были рассчитаны описательные статистические характеристики, использованные затем в интерпретации результатов.

Для получения средних многолетних характеристик изменчивости температуры воды в годовом цикле была применена модель нелинейного оценивания, впервые использованная для описания температурного режима Онежского и Ладожского озер



Рис. 1. Карта-схема расположения станций

(Ефремова, Петров, 1995, 1999, 2000). Учитывалось, что один и тот же функциональный вид модели должен быть применим к разным станциям измерений.

Предложенная модель описывает такие важные периоды годового термического цикла как зимний минимум, весеннее нагревание, летний максимум (пик или плато) и осеннее остывание.

Наилучшим приближением была признана нелинейная по параметрам модель, имеющая вид колоколообразной функции, составленная из комбинации экспонент:

$$T = b_6 + b_1 \times \left(1 - \frac{(1 - \exp((t - b_2) \times b_3))}{1 + \exp((t - b_2) \times b_3)} \right) \times \left(1 + \frac{(1 - \exp((t - b_4) \times b_5))}{1 + \exp((t - b_4) \times b_5)} \right)$$

где T – температура поверхности воды; t – время в днях от начала года; b_1 – b_6 – эмпирические параметры, имеющие размерность времени в сутках.

Подбор аппроксимационных параметров осуществлялся отдельно для каждой станции (Табл. 1) с использованием квази-ньютоновского метода при критерии сходимости равном 0,0001.

Функция потерь или коэффициент корреляции вычислялся как средняя величина квадрата разности между измеренной и рассчитанной величинами. В 44% случаев этот коэффициент превышал 0,96, а в оставшихся 56% – 0,83. Значит средний многолетний сезонный ход, описываемый моделью, объясняет более 80% дисперсии исходных данных.

В отличие от предыдущих работ (Ефремова, Петров, 1999, 2000), данная модель с шестью параметрами позволяет описать температурный режим года полностью, включая зимние месяцы.

Все полученные кривые унимодальны, асимметричны, температурный максимум закруглен, но для каждой станции выделены свои отличия, характеризующие температурный режим в отдельном конкретном случае.

Обратимся к графику температуры поверхностного слоя воды, построенному по данным ст. Гридино (Рис. 2), где модельная кривая представлена в поле данных.

Таблица 1. Параметры, рассчитанные для девяти станций (R-коэффициент корреляции)

Станция	R	Параметры модели					
		b6	b1	b2	b3	b4	b5
Гридино	0,96	-1,527	4,006	269,031	-0,047	158,629	-0,063
Жижгин	0,98	-1,738	3,283	285,963	-0,046	158,152	-0,058
Мудьюг	0,97	-0,530	4,603	261,744	-0,052	147,310	-0,095
Унский маяк	0,96	-1,521	4,282	270,454	-0,046	148,611	-0,069
Жужмуй	0,87	-1,592	3,626	281,072	-0,049	154,561	-0,061
Чаваньга	0,83	-0,911	3,516	273,280	-0,031	163,633	-0,075
Соловки	0,84	-1,343	4,275	265,121	-0,047	157,343	-0,068
Инцы	0,86	-1,391	3,394	281,756	-0,048	153,112	-0,073
Кандалакша	0,84	-0,511	3,945	259,413	-0,039	159,413	-0,068

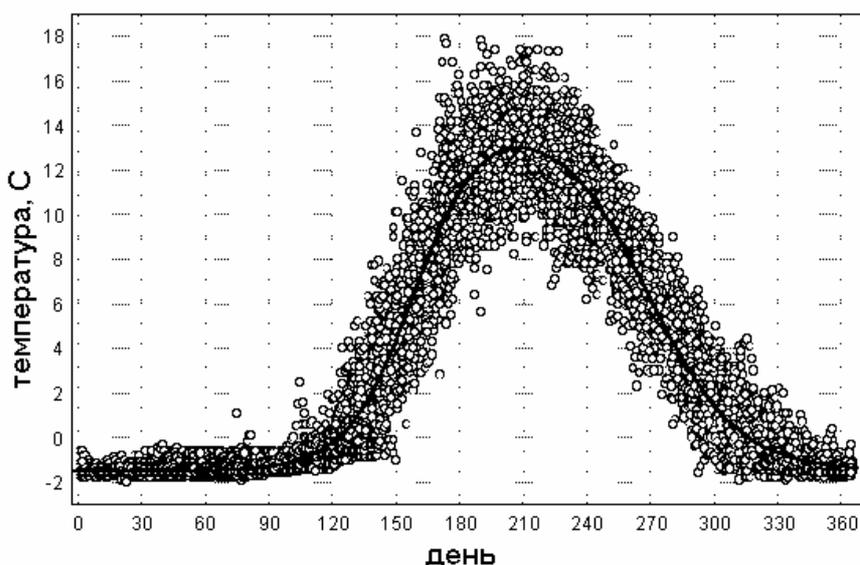


Рис. 2. Средний многолетний температурный ход по ст. Гридино

Для ст. Гридино характерно наступление температурного максимума ($13,1^{\circ}\text{C}$) на 210-й день от 1 января (29 июля), который не длится долго, а почти сразу же переходит в следующую фазу годового хода – охлаждение. Средняя температура зимы составляет $-1,4^{\circ}\text{C}$ и практически не меняется до 74-го дня (15 марта). Затем начинается постепенное повышение температуры, и на 123-й день (3 мая) она переходит через 0°C , продолжая активно возрастать до 165-го дня (14 июня), затем замедляя скорость роста. Нагревание длится 87 дней. После максимума начинается фаза остывания, сначала медленного до 270-го дня (27 сентября), а потом быстрого до 316-го дня (12 ноября), когда температура воды переходит через 0°C и далее до 360-го дня (26 декабря), снова становясь постоянной до весны. Остывание продолжается 106 дней, превышая фазу нагревания на 19 дней. Так завершается средний многолетний годовой цикл температуры поверхностного слоя воды в районе ст. Гридино.

Таким же образом, как показано на примере ст. Гридино, были получены и проанализированы

кривые по оставшимся восьми станциям. Все графики по станциям представлены на рис. 3.

Анализ всех кривых хода температуры поверхности воды Белого моря позволяет сделать следующие выводы:

1. Почти все кривые несколько асимметричны относительно температурного максимума. Следовательно, процессы нагревания и остывания происходят неравномерно. Температурный ход по ст. Чаваньга имеет ярко выраженную асимметричность (Рис. 3). Для всех станций характерно сравнительно быстрое весеннее нагревание, а остывание воды в осенние месяцы идет значительно медленнее. В районе Беломорья действует муссонный характер ветров, способствующий проникновению относительно теплой баренцевоморской воды в осенние месяцы (Белое море, 1991).

2. Средние многолетние значения максимального прогрева колеблются от $10,5^{\circ}\text{C}$ (ст. Жижгин), где отмечается зона апвеллинга, до $17,2^{\circ}\text{C}$ (ст. Мудьюг), за счет значительного влияния р. Северная Двина и относительно южного положения станции.

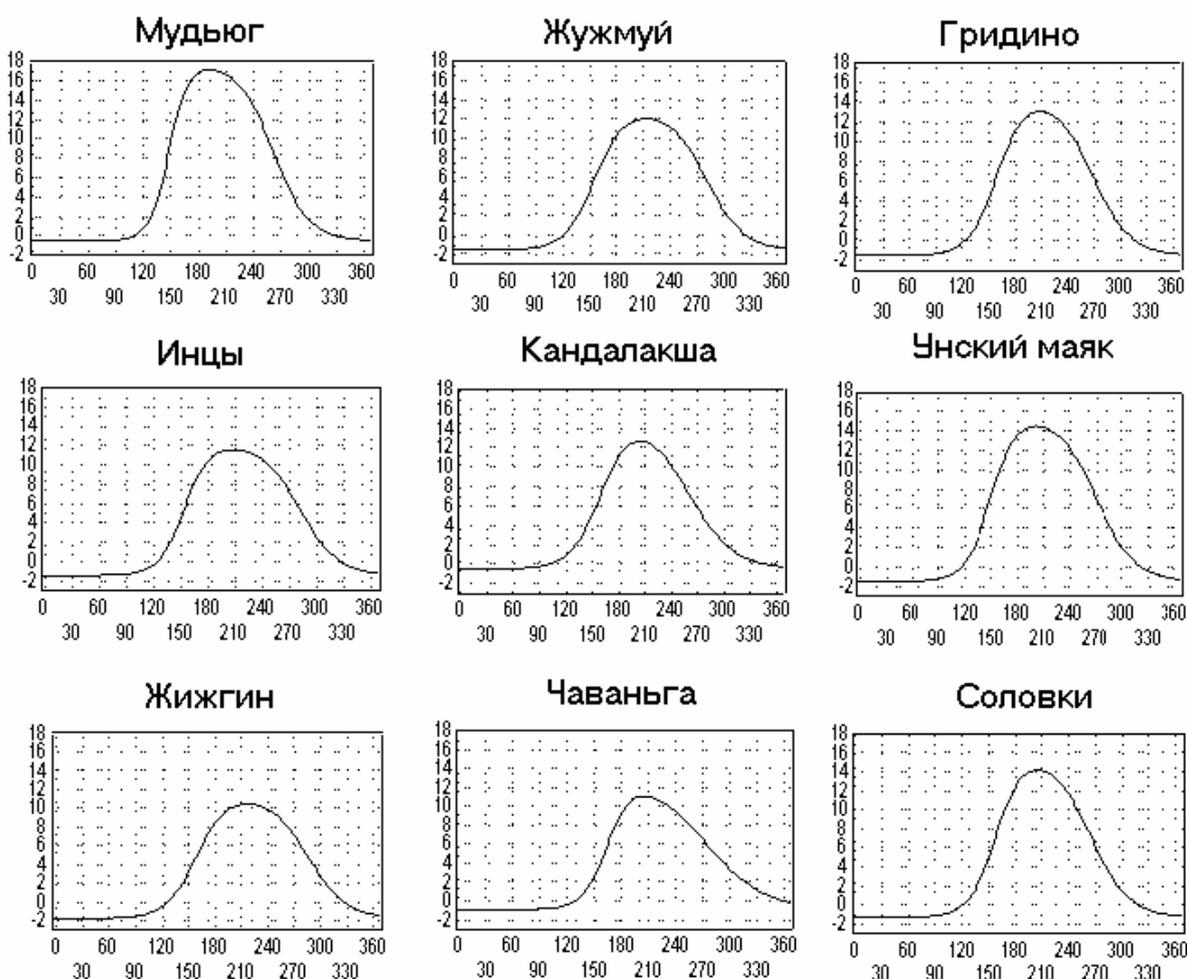


Рис. 3. Модельный ход температуры поверхности воды по девяти станциям (по оси абсцисс – дни от начала года; по оси ординат – температура, $^{\circ}\text{C}$)

3. Температурный максимум наблюдается в основном недолго, в течение 20-х чисел июля (204-210-й день). Раньше всего нагрев осуществляется на ст. Мудьюг (в первых числах июля). Максимум здесь по форме близок к плато.

4. Наиболее низкая температура воды наблюдается, естественно, в зимние месяцы, но здесь есть свои особенности. Так, на ст. Унский маяк интенсивный весенний нагрев начинается уже 24 апреля (114-й день), когда температура переходит через 0°C, а на ст. Жижгин – только с 9 мая (129-й день). В среднем температура повышается в течение 83 дней.

5. Остывание воды происходит в среднем за 120 дней по всему морю. На ст. Чаваньга этот период составляет 156 дней, т.е. с 23 июля по 26 декабря, а для ст. Мудьюг – всего 132 дня (с 17 июля по 26 ноября). Воздействие «берега» на южных станциях сказывается сильнее и проявляется гораздо быстрее, чем в открытом море. Это видно по всем прибрежным станциям Карельского и Поморского берега, где процесс остывания до 0°C длится 110 дней (с начала августа до конца ноября). Для станций, подверженных большому влиянию открытого моря, остывание продолжается до 156 дней.

Таким образом, по модельным кривым годового хода с точностью до заданных интервалов шкалы времени и шкалы температуры можно:

- находить моменты максимума и продолжительность минимумов;
- устанавливать точки перехода через 0°C (или любой другой заданной температуры) весной и осенью;
- по точкам перегиба кривой определять момент смены весеннего повышения температуры с возрастанием скорости на повышение с замедлением скорости, а также момент смены осеннего понижения температуры с возрастанием скорости на понижение с замедлением скорости;

- оценивать продолжительность и характер периодов нагревания и охлаждения воды;

Все значения температуры, найденные по модельной кривой для каждого момента времени, могут использоваться в качестве средних многолетних температур.

Список литературы

- Белое море. Справочник «Проект «Моря СССР». Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. 1991. Т. 2, вып. 1. Гидрометеорологические условия. Л.: Гидрометеоиздат. 240 с.
- Драйнер Н., Смит Г.* 1986. Прикладной регрессионный анализ. М. Т. 2. 350 с.
- Ефремова Т.В., Петров М.П.* 1992. Моделирование термического режима глубоководной зоны Большой губы Повенецкого залива // Большая губа Повенецкого залива Онежского озера. Петрозаводск. С. 12-18.
- Ефремова Т.В., Петров М.П.* 1995. Многолетние характеристики термического режима Онежского озера. Деп. ВИНТИ 14.04.95. № 1033-В95. 30 с.
- Ефремова Т.В., Петров М.П.* 2000. Характеристики термического режима Онежского озера // Ладожское озеро. Петрозаводск. С. 330-335.
- Толстиков А.В.* 2002. Многолетняя изменчивость температурного режима Белого моря // Материалы международной конференции «Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения». ИЭПС. Архангельск. Т. 1. С. 394-398.
- Филатов Н.Н., Долотов Ю.С., Бояринов П.М., Здоровеннов Р.Э., Коваленко В.Н., Лифшиц В.Х., Пальшин Н.И., Петров М.П., Толстиков А.В.* 2003. Исследование термогидродинамических процессов и полей прибрежной зоны и эстуариев Белого моря // Гидроэкологические проблемы Карелии и использование водных ресурсов. Петрозаводск. С. 15-24.
- Efremova T.V., Petrov M.P.* 2000. Characteristics of thermal regime in Lake Onega // Proceedings of Third International Lake Ladoga Symposium, 1999. Joensuu. P. 202-206.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 305-309.

ВЕСА НЕКОТОРЫХ МАКРОПЛАНКТЕРОВ БЕЛОГО МОРЯ

В.А. ТРОШКОВ

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

В работе приводятся размерно-весовые характеристики некоторых представителей макрозоопланктона Белого моря: *Chaetognatha*, *Euphausiacea*, *Hyperiididae*. Исследуется сезонная и географическая изменчивость этих характеристик. Даны таблицы и формулы для расчета весов макрозоопланктеров, которые могут быть использованы при определении биомассы и продукции гидробионтов.

V.A. Troshkov. The weights of some macroplankters in the White Sea // 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. 305-309.

The paper gives dimensional and weight characteristics of some representatives of macrozooplankton groups in the White Sea: *Chaetognatha*, *Euphausiacea*, *Hyperiididae*. Seasonal and ecological variability of these characteristics were studied.

Основной задачей данной работы было получение весовых характеристик массовых видов макропланктона Белого по различным размерным группам.

Организмы для измерения брались в различных районах моря и во все сезоны, что позволяет говорить об их экологических особенностях и сезонной изменчивости. Использованный материал различается своей полнотой по отдельным макропланктерам. Так, наиболее полный, охватывающий все сезоны и районы моря, имеется материал по *Sagitta*, *Euphausiacea*, *Hyperidea*. Именно эти организмы и получили освещение в данной статье.

Полученные в результате исследований данные будут постоянно уточняться по мере накопления материала, но изменения в приведенных весовых характеристиках не будут слишком значительными. Поэтому уже сейчас, приводимые результаты можно использовать как при вычислении биомассы зоопланктона, так и при расчетах питания планктоноядных рыб.

Материал и методика

Материалом для данного исследования послужили планктические сборы Северного отделения ПИИРО, за период 1988-2003 гг.

Зоопланктон облавливали, используя замыкающую сеть Джеди с диаметром входного отверстия 36 см; газ №38. Часть материала получена из ловов ихтиопланктонными сетями, с диаметром входного отверстия 50 и 80 см, газ № 5-10.

Каждый организм взвешивался индивидуально с использованием торсионных весов марки «WT», и весов марки «Кепн 770», с точностью измерения 0,1 мг.

Материал определялся на сырой вес и размер тела. При взвешивании организмы обсушивались с помощью фильтровальной бумаги. Изучение сырого веса, учитывая то, что биомасса планктона в настоящее время определяется в сырых весах, в значительной степени оправдано, несмотря на то, что сухие веса организмов дают более сравнимые цифры весов. В настоящей работе использовался материал, фиксированный в формалине. Использование «формалинового» веса оправдано невозможностью обработки материала в рейсе или сразу после него.

При построении графиков зависимости весов от размера тела макропланктеров и составлении таблиц, использована статистическая обработка материала с применением пакета Excel.

Результаты

Sagitta elegans

Материал для исследований был получен практически со всех районов Белого моря и охватывает все сезоны. При измерениях наблюдались как сезонные отличия в размерах, так и отличия, связанные с географическим фактором - районом отбора проб. Последнее может говорить как о том, что либо существуют отдельные популяции макропланктеров в заливах Белого моря, либо разница в темпах развития и роста обусловлена условиями роста и откорма. Сезонные отличия в весовых характеристиках часто объясняются наличием, или отсутствием, половых продуктов. Кроме *Sagitta*, подобный фактор имеет большое значение для *Hydromedusae*.

В таблице 1 приводятся размерно-весовые характеристики *Sagitta elegans*, полученные в различные сезоны по всему Белому морю.

Таблица 1. Размер и вычисленные по уравнениям веса *Sagitta elegans*

Размер, мм	Вес, мг.		
	Весенний период	Летний период	Осенний период
0.5	0.00003	0.00005	0.00015
1	0.00030	0.0005	0.00120
2	0.00338	0.004707	0.00991
3	0.01392	0.017471	0.03407
4	0.03802	0.044305	0.08182
5	0.08290	0.091186	0.16145
6	0.15672	0.164458	0.28132
7	0.26851	0.270775	0.44988
8	0.42808	0.417057	0.67565
9	0.64594	0.610461	0.96720
10	0.93330	0.858361	1.33316
11	1.30197	1.168323	1.78218
12	1.76439	1.548095	2.32297
13	2.33353	2.005592	2.96428
14	3.02296	2.548886	3.71487
15	3.84672	3.186195	4.58355
16	4.81939	3.925879	5.57917
17	5.95602	4.776427	6.71057
18	7.27215	5.746455	7.98665
19	8.78374	6.844698	9.41632
20	10.50725	8.080007	11.00850
21	12.45951	9.461342	12.77217
22	14.65782	10.99777	14.71628
23	17.11987	12.69846	16.84984
24	19.86374	14.57268	19.18186
25	22.90793	16.62978	21.72137
26	26.27131	18.87923	24.47742
27	29.97311	21.33057	27.45907
28	34.03295	23.99342	30.67542
29	38.47080	26.8775	34.13554
30	43.30700	29.9926	37.84857
31	48.56222	33.34861	41.82361
32	54.25748	36.95546	46.06982
33	60.41414	40.8232	50.59635
34	67.05389	44.96192	55.41235
35	74.19874	49.3818	60.52702
36	81.87103	54.09308	65.94954
37	90.09342	59.10608	71.68912
38	98.88886	64.43117	77.75497
39	108.2806	70.07881	84.15632
40	118.2923	76.0595	90.9024

Из приведенных в таблице 1 весов видно, что наибольшей массой при равных размерах обладают осенние сагитты, несколько меньше она у весенних и наиболее низкая - у летних. Скорее всего, эти отличия связаны с тем, что к осени в теле сагитт накапливается наибольшее количество запасных питательных веществ, которые в весенний период, по всей видимости, частично расходуются на создание половых продуктов.

Разница по массе в размерной группе 20-30 мм достигает 25-35%, что существенно может влиять на расчет общей биомассы, учитывая, что в некоторых районах *Sagitta elegans* часто является доминирующим по массе видом.

Для расчета весов *Sagitta elegans* можно использовать следующие формулы:

$$P = 0,0003a^{3,4922} \text{ – для весенних } Sagitta \text{ elegans}$$

$$P = 0,0005a^{3,2347} \text{ – для летних } Sagitta \text{ elegans}$$

$P = 0,0012a^{3,0457}$ – для осенних *Sagitta elegans*
 где P – вес организма в мг; a = длина организма в мм.

Euphausiacea

Материал для исследований был получен также практически со всего Белого моря и в различные

сезоны. В данной статье сезонная изменчивость размеров и биомассы *Euphausiacea* не обсуждается, поскольку не набрано необходимого количества измерений. Приводятся средние веса за весь сезон, по различным видам эвфаузид (Табл. 2).

Таблица 2. Размер и вычисленные по уравнениям веса *Euphausiacea*

Размер, мм	Вес, мг.		
	<i>Thysanoessa raschii</i>	<i>Thysanoessa inermis</i>	<i>Meganistiphanes norvegica</i>
1	0.0353	0.0249	0.0076
1.5	0.0965	0.0699	0.0247
2	0.1969	0.1453	0.0570
2.5	0.3423	0.2563	0.1090
3	0.5380	0.4076	0.1852
3.5	0.7885	0.6034	0.2898
4	1.0979	0.8476	0.4273
4.5	1.4703	1.1438	0.6017
5	1.9093	1.4955	0.8173
5.5	2.4183	1.9060	1.0781
6	3.0005	2.3784	1.3884
6.5	3.6593	2.9157	1.7520
7	4.3974	3.5208	2.1732
7.5	5.2178	4.1964	2.6557
8	6.1233	4.9454	3.2036
8.5	7.1165	5.7003	3.8209
9	8.2001	6.6737	4.5115
9.5	9.3765	7.6580	5.2792
10	10.6482	8.7257	6.1279
10.5	12.0175	9.8791	7.0616
11	13.4868	11.1206	8.0839
11.5	15.0583	12.4523	9.1988
12	16.7342	13.8766	10.4101
12.5	18.5167	15.3956	11.7215
13	20.4078	17.0114	13.1368
13.5	22.4098	18.7261	14.6598
14	24.5244	20.5417	16.2943
14.5	26.7539	22.4603	18.0439
15	29.1000	24.4839	19.9124
15.5	31.5647	26.6144	21.9035
16	34.1500	28.8538	24.0208
16.5	36.8575	31.2039	26.2682
17	39.6892	33.6666	28.6493
17.5	42.6469	36.2438	31.1676
18	45.7323	38.9373	33.8270
18.5	48.9471	41.7489	36.6310
19	52.2931	44.6803	39.5832
19.5	55.7719	47.7333	42.6873
20	59.3852	50.9097	45.9470
20.5	63.1347	54.2111	49.3658
21	67.0220	57.6393	52.9473
21.5	71.0487	61.1959	56.6952
22	75.2163	64.8826	60.6129
22.5	79.5264	68.7010	64.7041

Размер, мм	Вес, мг.		
	<i>Thysanoessa raschii</i>	<i>Thysanoessa inermis</i>	<i>Meganistiphanes norvegica</i>
23	83.9806	72.6527	68.9724
23.5	88.5804	76.7394	73.4213
24	93.3273	80.9627	78.0544
24.5	98.2227	85.3240	82.8752
25	103.2683	89.8251	87.8873
25.5	108.4654	94.4673	93.0942
26	113.8154	99.2523	98.4994
26.5	119.3199	104.1815	104.1065
27	124.9802	109.2566	109.9189
27.5	130.7977	114.4789	115.9402
28	136.7738	119.8499	122.1739
28.5	142.9100	125.3711	128.6235
29	149.2075	131.0440	135.2924
29.5	155.6677	136.8701	142.1842
30	162.2919	142.8506	149.3023

Таблица 3. Размер и вычисленные по уравнениям веса *Themisto libellula*

Размер (мм)	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
Вес (мг)	0,0894	0,24472	0,50001	0,87028	1,36872	2,00717	2,79649	3,74676
5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9
4,86743	6,1674	7,65515	9,33876	11,2259	13,3242	15,6405	18,182	20,9553
9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5
23,9669	27,2231	30,73	34,4937	38,52	42,8146	47,3831	52,2309	57,3633
14	14,5	15	15,5	16	16,5	17	17,5	18
62,7858	68,5032	74,5208	80,8435	87,4762	94,4236	101,691	109,282	117,201
18,5	19	19,5	20	20,5	21	21,5	22	22,5
125,454	134,045	142,977	152,256	161,886	171,871	182,214	192,921	203,994
23	23,5	24	24,5	25	25,5	26	26,5	27
215,439	227,259	239,458	252,041	265,009	278,369	292,123	306,275	320,828
27,5	28	28,5	29	29,5	30			
335,787	351,155	366,936	383,133	399,749	416,789			

Как видно из таблицы 2, в среднем различные виды *Euphausiacea* ненамного отличаются по своим весовым характеристикам. Для вычисления весов можно использовать следующие формулы:

$$P = 0,0353a^{2,4795} \text{ – для } Thysanoessa \text{ raschii}$$

$$P = 0,0249a^{2,5446} \text{ – для } Thysanoessa \text{ inermis}$$

$$P = 0,0076a^{2,9065} \text{ – для } Meganistiphanes \text{ norvegica}$$

где P – вес организма в мг; a = длина организма в мм.

Hyperiidae

В Белом море нами были обнаружены следующие виды *Hyperiidae*: *Themisto libellula*, *Themisto abyssorum*, *Themisto compressa*, *Hyperoche medusarum*, *Hyperia galba*, *Lanceola clausi*. В настоящей статье приводятся материалы лишь по *Themisto li-*

bellula в связи с тем, что по этому гидробионту накоплен относительно большой материал.

Для анализа были использованы организмы, выловленные в различных районах Белого моря во все сезоны года. Для вычисления весов *Themisto libellula* можно использовать следующую формулу:

$$P = 0,0894a^{2,4836}$$

где P – вес организма в мг; a = длина организма в мм.

Приведенные выше формулы для расчета весов организмов по их размерам, конечно же не являются выражением абсолютно точного соотношения этих параметров у исследованных организмов. По мере накопления материала будут меняться и эти формулы. Однако уже сейчас, исходя из величин досто-

верности аппроксимации, величины которых лежат в основном в пределах 0,96-0,97 можно говорить о том, что изменения в приведенных таблицах весов будут не очень существенными и не превышать 2-3%.

Исследования морских гидробионтов показывают, что помимо сезонной изменчивости в соотношении размеров и массы тела, существует и зоогеографическая изменчивость. Косвенно на это указывает и тот факт, что, несмотря на достаточно обширный материал по измерениям *Sagitta elegans*, величина достоверности аппроксимации весенних и летних организмов находится в пределах 0,76-0,89.

В последующих работах планируется показать, что один и тот же вид макрозоопланктона имеет различную динамику сезонных и многолетних изменений размеров и массы тела организмов, в зави-

симости от своего местообитания. В данном случае, для Белого моря, такие исследования проведены для различных районов моря.

Заключение

Проведенные исследования по изменению соотношений размеров и массы тела морских гидробионтов позволяют сделать следующие выводы:

- Существует довольно ярко выраженная сезонная изменчивость этих соотношений.
- Существуют отличия в приведенных соотношениях у близкородственных видов.
- Данные соотношения можно использовать для вычисления весов макрозоопланктона Белого моря, по их размерам.

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 Dvinsky 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 мг/м²сут., получаем годовую продукцию Двинского залива, равной 522,3 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 т/км²; для лета - 99960 т или 11,7 т/км²; для осени - 61740 т или 7,2 т/км², соответственно.

Для расчетов запасов и продукции зоопланктона нами было 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).

$$P = \int_{t1}^{t2} Cb(t)dt$$

$$P = CbVcp ; P = Vcp \int_{t1}^{t2} Cb(t)dt$$

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

где *Cb* – удельная продукция, *Vcp* – 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 тыс.т., или примерно 20 – 35 т/км².

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

Первичная продукция	Весна	Лето	Осень	Средняя
в мгС/м ² 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 мгС/м ² 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	14-15 июня 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	7-13 июня 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:

$$P_{t, t+1} = \Delta W_{t, t+1} (N_t + N_{t+1}) / 2 \quad (\text{Алимов, 1989}),$$

где $P_{t, t+1}$ - продукция рыб в возрасте от t до $t+1$, $\Delta W_{t, t+1}$ - средний прирост массы одной особи за время от t до $t+1$, N_t , N_{t+1} - численность генерации сельди ко времени t и $t+1$.

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.: Гидрометеоздат. 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 Фенноскандии. 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.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 314-317.

ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ БЕЛОГО МОРЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

**Н.Н. ФИЛАТОВ¹, А.Ю. ТЕРЖЕВИК¹, И.А. НЕЕЛОВ², О.П. САВЧУК³, Р.Э. ЗДОРОВЕННОВ¹,
В.Н. КОВАЛЕНКО¹, А.В. ЛИТВИНЕНКО¹, Л.Е. НАЗАРОВА¹, М.П. ПЕТРОВ¹, А.В. ПЛАТОНОВ¹,
Ю.А. САЛО¹, А.Н. ТОЛСТИКОВ² Д.В. ПОЗДНЯКОВ², А.Н. ФИЛАТОВ⁴**

¹ *Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН, Петрозаводск*

² *Международный нансеновский центр окружающей среды и дистанционных методов, С. Петербург*

³ *Отдел системной экологии, Стокгольмский университет, Стокгольм, Швеция*

⁴ *Научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, С. Петербург*

В статье рассматривается современное состояние моря и его водосбора с применением современных средств изучения, таких как дистанционные и моделирование в сочетании с наблюдательными экспериментами. Изучены социально-экономические особенности региона. Разработан комплекс моделей и ГИС-система, в которых интегрированы данные измерений с судов, спутников и наземных станций. На основе этих сведений с помощью математических моделей оценены особенности изменения экосистемы моря при разных сценариях изменений климата и антропогенной деятельности.

N.N. Filatov, A.Ju. Terzhevnik, I.A. Neelov, O.P. Savchuk, R.E. Zdorovenov, V.N. Kovalenko, A.V. Litvinenko, L.E. Nazarova, M.P. Petrov, A.V. Platonov, Yu.A. Salo, A.N. Tolstikov, D.V. Pozdnyakov & A.N. Filatov. Changes in the ecosystem of the White Sea influenced by climatic and anthropogenic factors // 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. 314-317.

The current state of the White Sea ecosystem and its catchment area is considered by means of remote sensing and numerical modeling together with direct observations. Socio-economical aspects of the region are also studied. Several numerical models of the sea hydrodynamics and ecosystem and the geographical information system (GIS) that is based on the knowledge collected are developed. With the numerical models a detailed analysis of the changes in the sea ecosystem under different scenarios of regional climate and economic changes are performed.

В последние годы Белое море привлекает значительное внимание. Связано это с новым этапом освоения ресурсов как самого моря, так и его водосбора. Отметим предполагаемую добычу алмазов, золота, богатых рыбных ресурсов, марикультуры, транспортировку природного газа со Штокмановского месторождения Баренцева моря в Западную Европу. Все это требует разработки научных основ рационального использования и охраны моря. Однако в последние годы существенно снизился объем экспериментальных исследований, ухудшилась координация работ. Для оценки состояния моря и его водосбора, в этом случае, все большее внимание должно уделяться внедрению новых современных средств изучения, таких как дистанционные и моделирование в сочетании с наблюдательными экспериментами. Для достижения этой цели выполнена разработка комплекса моделей и ГИС-системы, в которых интегрированы данные непосредственных измерений на акватории и водосборе, дистанционные спутниковые данные, а также сведения о социальном и экономическом развитии региона Белого моря. Как показали работы по программе ФЦП «Мировой океан», по разделу «Белое море», основ-

ные проблемы связаны с пониманием функционирования экосистемы моря и ее изменений, обусловленных недостатком знания особенностей продуктивности моря и ее изменений в зависимости от комплекса условий, и отсутствием соответствующих моделей. Исследования последних лет хотя и выполняются значительным количеством организаций (ЗИН, ИОРАН, ИВПС КарНЦ РАН, СевПиНРО, МГУ, СПбУ, ВНИРО и др.), но проводятся они, как правило, не синхронно по всей акватории моря и не являются комплексными. Многие данные не доступны для широкого круга пользователей. Необходимо изучение изменчивости функционирования экосистемы Белого моря под влиянием антропогенного воздействия. В этой ситуации особое значение приобретает внедрение новых методов и средств.

Именно этому комплексу указанных выше вопросов и посвящены исследования ИВПС, проводимые совместно с рядом других организаций по проекту ИНКО-Копенрикус ICA «Sustainable management of the marine ecosystem and living resources of the White Sea», №ICA2-1999-10167 (координатор проф. О. Иоханнесен).

Результаты

Для определения нагрузки на водосбор и море выполнен широкий комплекс исследований, включающий оценку социально-экономических проблем на водосборе и разработку сценариев развития региона, с внедрением разнообразных индексов для использования их в моделях и геоинформационных системах.

Кроме показателей, учитывающих антропогенные факторы, необходимо оценить изменчивость и изменения климата, которые могут повлиять на водосбор. Для решения этих проблем внедряются современные Модели Глобального Климата (МГК) и выполняется вероятностный анализ репрезентативных длительных наблюдений.

Полученные закономерности, сценарии должны быть учтены при определении стратегии развития региона. Основными для данного исследования являются следующие задачи:

- сравнение данных, полученных непосредственно при измерении на гидрометеорологических станциях, расположенных в районе исследований, с модельными данными на модели ЕСНАМ-4, полученными в Институте метеорологии Макса Планка (Bengtsson, 1997) по совместному проекту INTAS, за период 1960-2001 гг.;

- оценка на этой основе возможных изменений элементов климата и водного баланса в изучаемом регионе за период 2000-2050 гг. по двум сценариям возможного изменения содержания CO₂, и увеличения сульфатных аэрозолей техногенного происхождения в атмосфере Земли.

Возможные сценарии изменения климата и водного баланса территории на период 2000-2050 гг.

Оценка климатических изменений для Карелии и Кольского полуострова была выполнена с использованием модели ЕСНАМ-4 по сценариям G и GA. Рассчитывались основные статистические характеристики (нормы, максимум и минимум температуры воздуха и осадков, линейные тренды), которые сравнивались с аналогичными характеристиками современного климата. Анализ этих данных показывает, что общая тенденция увеличения годовых температур воздуха и осадков будет сохраняться при новых климатических условиях. В соответствии с результатами моделирования на модели ЕСНАМ-4 в изучаемом районе возможны заметные изменения климатического и гидрологического режима. Для Кольского полуострова по обоим сценариям норма годовой температуры воздуха может увеличиться от -0,7 до 2°C, годовые суммы осадков в средних многолетних значениях возрастут от 461 мм до 482-486 мм. Аналогичные изменения возможны и в Карелии: рост годовой температуры воздуха от 1,6 до 2,7-3,0°C, увеличение годовых сумм осадков от 582 до 610-635 мм, при этом суммарное испарение может возрасти от 264 до 323-348 мм. Суммарный речной сток с территории Карелии при новых кли-

матических условиях может уменьшиться с 319 в современном климате до 280-290 мм к 2050 г. Это может быть вызвано уменьшением разницы между количеством осадков и общим испарением, увеличение которого будет более значительным, чем увеличение осадков. Согласно модельным данным, возможны значительные изменения в распределении среднемесячных температур воздуха: в Карелии месяцы с мая по октябрь станут более теплыми, чем в настоящее время, на Кольском полуострове все месяцы будут значительно теплее. Изменения климатического и водного режима, в этом случае, требуют изменения в управлении водохозяйственными системами и отраслями экономики, базирующимися на использовании водных ресурсов (гидроэнергетика, промышленное и коммунальное водоснабжение, сельское хозяйство и др.).

Гидрология моря и изменения климата

В работе ИВПС особое внимание уделяется проведению целенаправленных экспериментов по изучению гидрометеорологических процессов и явления разного масштаба, вероятностному анализу длительных наблюдений и внедрению новых технологий, таких как дистанционные методы и ГИС. Были оценены многолетние тенденции важнейших гидрофизических характеристик температуры воды и солёности в Белом море. По данным наблюдений на 5 основных гидрометеорологических постах, расположенных в основных районах Белого моря выявлены сезонные колебания и линейный тренд температуры воды и солёности моря. Причем эти изменения за последние 10 лет совпадают с таковыми для Балтийского моря, что было показано за более ранний период в работе Смирновой, Терзиева и др. (2001). В тоже время, колебания и изменения температуры воды в Баренцевом и Белом морях хорошо согласуются, а между температурой воды Белого моря и местными метеорологическими характеристиками существуют временные различия. По-видимому, изменчивость гидрологических характеристик Белого моря связаны в большей степени с таковыми в Баренцевом море и в значительной мере определяются глобальными, а не региональными климатическими изменениями.

Особенности гидродинамики моря

Модель для широкого диапазона масштабов, которую можно совместить с моделью экосистемы, была разработана в СПб. Отделении ИО РАН и Нансеновском центре (Неелов, Умнов, 1997). Калибровка и верификация модели выполнялась по архивным и данным измерений, собранных в специальных направленных экспериментах ИВПС. Несмотря на сравнительно длительную историю изучения Белого моря, до сих пор недостаточно изученной остается мезомасштабная и синоптическая изменчивость термогидродинамических полей в особенности в эстуариях и заливах. Мезомасштаб-

ные процессы доминируют в формировании внутреннего и внешнего водообмена моря, определяют особенности распределения химико-биологических характеристик акваторий и функционирования его экосистемы. Именно они вносят наибольший вклад в перераспределение взвешенного вещества, загрязнений и других гидрохимических элементов между прибрежными и открытыми частями моря. Для исследования этих процессов и явлений были проведены целенаправленные подспутниковые эксперименты и использованы данные со спутников серии НОАА, SeaWifs. Был создан архив данных со спутника НОАА за последние 20 лет. Наибольший интерес представляет использование для изучения пространственных неоднородностей в динамике спутниковых снимков, полученных путем последовательных съемок. Для изучения полей температуры воды в Онежском заливе Белого моря были проведены синхронные съемки STD зондами измерения температуры поверхности воды (ТПВ), солёности и др. параметров, а также ИК-радиометром с борта судна. Использование такого набора данных позволяет провести атмосферную коррекцию, оценить влияние погодных условий на измерения ТПВ, выяснить влияние холодной пленки (skin-effect) на поверхность моря на показания измерителей. Рассматривались проблемы калибровки спутниковых данных, оптимизации алгоритма вычисления температуры, определение критерия правильности вычисленной ТПВ.

Анализ позволил выявить наличие струйных течений многочисленных вихревых образований циклонического и антициклонического характера, когерентных структур типа «грибовидные образования», а также неоднородностей, связанных с генерацией экмановских прибрежных апвеллингов. Показано, что в центрах мезомасштабных вихревых образований, антициклонов обычно наблюдаются нисходящие движения вод (опускание изолиний гидрофизических параметров), что никак не способствует развитию там фитопланктона. Это явление (опускание вод в центрах следующих друг за друг вихрей было описано как «биогеохимический барьер» на границе шельфовых вод (Сапожников, 1991; Шевченко и др., 2001; Скибинский, 2001). Считается, что образующаяся таким образом зона конвергенции частично изолирует глубокую центральную часть моря от влияния прибрежья. Это позволяет предположить, что вовлечение богатых биогенами и фитопланктоном прибрежных вод играет большую роль в формировании пятен повышенной концентрации фитопигментов в антициклонах, чем особенности вертикального движения вод в поверхностном слое этих вихрей.

Оценка концентрации хлорофилла а, минеральной взвеси, РОВ, продуктивности моря дистанционными методами

Особый интерес представляет сравнительный анализ наблюдений с НИС, спутников серии НОАА и SeaWifs для изучения пространственных особенностей хлорофилла а оценки продуктивности моря. В распределении концентрации хлорофилла а наблюдается существенная неоднородность. Нет прямой корреляции в распределении величин концентрации хлорофилла а и температуры воды в поверхностном слое моря и необходимо рассматривать одновременно особенности циркуляции вод, вертикальной плотностной структуры и распределения биогенов. В то же время проникновение распределенных поверхностных вод сказывается на повышении устойчивости водной толщи выше постоянного термо-галоклина, что приводит к необычно раннему развитию фитопланктона и, следовательно, к повышению концентрации хлорофилла в поверхностном слое. Синхронные данные со спутников НОАА, SeaWifs, а также подспутниковые измерения с НИС «Эколог» дали возможность получить алгоритмы расчета ТПВ и концентрации хлорофилла а, подойти к вопросу взаимодействия термогидродинамических и биологических полей. Для оценок концентрации хлорофилла а использовались алгоритмы SeaDAS и Levenberg-Marquardt. Наиболее приемлемым для условий Белого моря оказался алгоритм Левенберга-Маргарта.

Моделирование экосистемы и разработка ГИС для решения задач принятия решений

Совместно с рядом организаций по проектам указанным далее, а также с коллегами из ИО РАН (Леонов, 2001), Финляндии (Кайтала, 2001), Международным Нансеновским центром разрабатываются модели эвтрофирования, в которых учтены сценарии изменений климата, социально-экономического развития региона, разнообразных антропогенных воздействий, на базе собранной информации и создаваемых геоинформационных систем.

Разработан комплекс термогидродинамических и экосистемных, имитационных моделей для оценки современного состояния и прогноза изменений моря. При этом на определенных этапах работы выполнено:

- собрана информация, необходимая для настройки, верификации термогидродинамических и имитационных моделей БМ,
- уточнены алгоритмы оценки первичной продукции по данным дистанционных измерений,
- выполнены работы по использованию данных дистанционного зондирования в задачах моделирования,
- сформулированы сценарии для оценки возможных изменений в экосистеме БМ как отклик на колебания внешних воздействий и использованы в решении практических задач.

На основе этого выполнены оценки изменений экосистемы моря при разном комплексе условий.

В рамках исследуемой модели, разработанной И.А. Нееловым и О.П. Савчуком установлено, что:

- изменение концентрации биогенных элементов в речном стоке не приводит к существенным изменениям экосистемы Белого моря. Лимитирующим элементом в данной системе является неорганический фосфор,

- уменьшение речного стока на 20% и увеличение среднегодовой температуры на 2 градуса приводит к уменьшению средней толщины льда зимой на 10 см, увеличению средней солености моря на 1 промилле дает возрастание верхнего квазиоднородного слоя моря и приводит к обострению летнего термоклина. Это в свою очередь ослабляет вертикальный водообмен, что приводит к дефициту биогенов в поверхностных водах и ослаблению осеннего цветения фитопланктона.

Предварительные расчеты на достаточно простой модели показывают незначительные изменения экосистемы Белого моря при заданных условиях потепления.

Литература

Леонов А.В. 2001. Анализ динамики концентраций органических веществ и скоростей продукционно-деструкционных процессов в водах северной части Каспийского моря. *Океанология*. Т. 40. № 1. С. 37-51.

Неелов И.А., Умнов А.А. 1997. Модель экосистемы Невской губы. Сб. «Невская губа - опыт моделирования». Под ред. В.В.Меншуткина. С.-Петербург. СС. 183-217.

С.Кайтала и др. 2001. (Kaitala S., Shavykin A., Volkov V.A.). Environmental GIS database for the White Sea. Proceedings of the *Open source GIS - GRASS users conference 2002*. Trento, Italy. 7 pp.

Сапожников В.В. 1991. Биогидрохимический барьер на границе шельфовых вод Черного моря // *Океанология*. Т. 31. № 4. С. 577-584.

Скибинский Л.Е. 2001. Роль геохимических барьеров в переносе и накоплении загрязняющих веществ в устьевых и прибрежных Биотопах белого моря. 2000, Тезисы докладов 8-я региональная научно-практическая конференция «проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. Беломорск. 2000 г. С. 51-53.

Смирнова А.И., Терзиев Ф.С., Яковлева Н.П., Арсенчук М.О. 2001. Закономерности разномасштабной изменчивости элементов гидрометеорологического режима белого моря, фоновые оценки их колебаний на современном этапе // *Материалы VIII регион. науч.практ. конф. «Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря»*. Беломорск. С. 22-29.

Шевченко В.П., Политова Н.В., Айбулатов Н.А. и др., 2001; Количественное распределение и состав взвеси в прибрежной зоне Печорского моря // *Человечество и береговая зона Мирового океана в XXI веке*. М.: ГЕОС, 2001. С. 239-250.

Bengtsson, L. 1997. Numerical modeling of the Earth's Climate. - Publ. Max-Planck Inst. for Meteorology, Hamburg: 94 pp.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 318-322.

ЗООБЕНТОС РЕК КАРЕЛИИ И КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА, КОРМОВЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ МОЛОДИ ЛОСОСЯ

В.В. ХРЕННИКОВ, И.А. БАРЫШЕВ, Ю.А. ШУСТОВ, В.Н. ПАВЛОВ, Н.В. ИЛЬМАСТ

Институт биологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск

В работе обобщены данные многолетних исследований состава и количественных характеристик зообентоса рек Карелии и Кольского полуострова. Средняя плотность донных сообществ составила в реках Кольского полуострова – $16,4 \pm 1,8$ тыс. экз./м², в реках Карельского побережья Белого моря – $4,3 \pm 0,9$ тыс. экз./м², в реках Онежского озера – $9,8 \pm 3,3$ тыс. экз./м². Биомасса составила соответственно $7,9 \pm 0,6$; $5,5 \pm 1,1$ и $13,3 \pm 4,7$ г/м². Кормовые условия для молоди лосося в реках Карелии и Кольского полуострова оценены как средние.

V.V. Khrennikov, I.A. Baryshev, Y.A. Shustov, V.N. Pavlov, N.V. Ilmast. Zoobenthos in the rivers of Karelia and Kola peninsula, trophic resources for salmonids // 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. 318-322.

Long-term research have been conducted on the rivers of Karelia and Kola Peninsula to determine the structure and quantity (number and biomass) of rivers bottom communities. The average number was $16,4 \pm 1,8$ thous.ind./m² in Kola peninsula rivers; $4,3 \pm 0,9$ thous.ind./m² in rivers of Karelian White See coast; $9,8 \pm 3,3$ thous.ind./m² in Onega lake rivers. Biomass was $7,9 \pm 0,6$; $5,5 \pm 1,1$ and $13,3 \pm 4,7$ g/m² correspondingly. Trophic resources for salmonids were estimated as medium.

Обилие корма на порогах и перекатах лососевых рек является одним из главных факторов, определяющих рост лососевых рыб в речной период жизни, который, в свою очередь, оказывает влияние на продуктивность нерестово-выростных угодий рек (Le Cren, 1969; Egglislaw, 1970; Power, 1973; Mortensen, 1977; Waters, 1989; Шустов, 1983, 1995). Исследованиям видового состава зообентоса, а также его численности и биомассы на порогах и перекатах лососевых рек посвящено большое число публикаций. Такие сведения известны практически для всего ареала атлантического лосося *Salmo salar* L. (например, для Европейской части) — для рек Великобритании (Mills, 1964; Jones, 1970), прибалтийских стран (Качалова, 1972; Пареле, 1979; Михайлина, 2000), Скандинавии (Gabler, 2000), Карелии (Хренников, 1983; Барышев, 2001) и Республики Коми (Шубина, 1986). Имеющиеся данные о зообентосе, как правило, основаны на небольших по объему материалах, либо даются только для одной, реже нескольких рек. Обобщающие сводки, позволяющие оценить обилие донной фауны в реках какого-либо региона и кормовые условия для молоди лососевых рыб немногочисленны. В то же время, важность оценки кормовой базы для таких ценных в хозяйственном отношении рыб, как семга и кумжа делает необходимым подробное изучение состава, численности и массы зообентоса в реках. Постоянные изменения водных экосистем, происходящие под воздействием деятельности человека, обуслав-

ливают важность проведения систематических исследований донных сообществ в реках.

Цель работы — на основе анализа материалов, собранных на реках Карелии и Кольского полуострова, характеризовать состав, численность и биомассу зообентоса, оценить обилие основных кормовых объектов для молоди атлантического лосося.

Материал и методы

Пробы зообентоса отбирались в 1985-2001 гг. в летнюю межень (июль-август) — в период наиболее активного питания сеголеток и пестряток атлантического лосося на территории Карелии и Кольского полуострова в соответствии с рисунками 1 и 2. Всего обследовано 23 реки, собрано и обработано 259 проб зообентоса.

Пробы зообентоса отбирались на порогах и перекатах рек, пригодных для обитания молоди атлантического лосося (семги), глубиной не более 0,5 метра и скоростью потока 0,2-0,3 м/с. Именно такие мелководные участки с галечно-гравийным грунтом и редкими валунами составляют основу нерестово-выростного фонда атлантического лосося (Shustov, 1990).

Отбор проб осуществлялся в период летней межени стандартной рамкой размером 20×25 см. Грунт тщательно промывался, весь органический материал фиксировался 4% раствором формалина. В лабораторных условиях донные беспозвоночные разбирались на систематические группы, каждая



Рис. 1. Схема расположения исследованных рек бассейнов Белого и Баренцева морей:

1 – Печенга; 2 – Кола; 3 – Кица; 4 – Рында; 5 – Йоканга; 6 – Пулоньга (Кольский п-ов); 7 – Чапома; 8 – Юдина; 9 – Стрельна; 10 – Варзуга; 11 – Кузрека; 12 – Умба; 13 – Порья; 14 – Лувеньга; 15 – Кереть; 16 – Пулоньга (Карелия); 17 – Кузема; 18 – Поньгома.

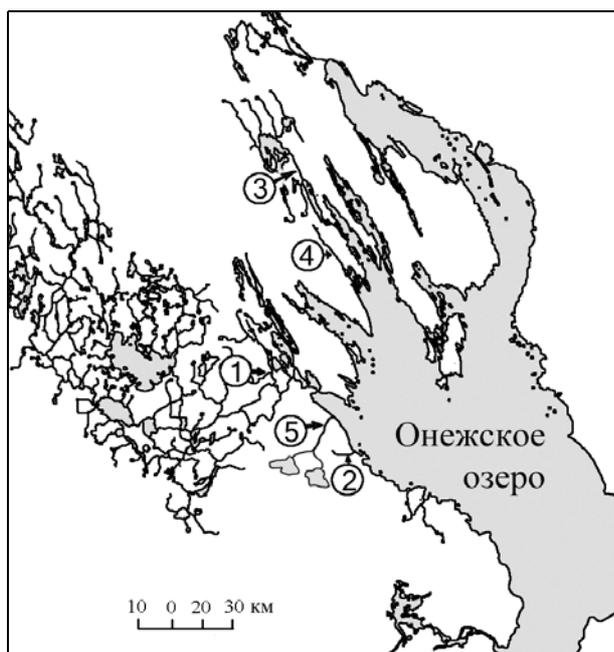


Рис. 2. Схема расположения исследованных рек бассейна Онежского озера:

1 – Шуя; 2 – Орзega; 3 – Лижма; 4 – Чебинка; 5 – Лососинка

группа организмов просчитывалась и взвешивалась на торсионных весах с точностью 0,1 мг. Кормовым для молоди лосося зообентосом мы считали представителей амфиботических насекомых.

Результаты

В составе донных сообществ пороговых участков исследованных рек преобладают личинки поденок, хирономид, ручейников, мошек и малощетинковые черви в соответствии с рис. 3. Средняя плотность и биомасса зообентоса составили 5,3 тыс.экз./м² и 8,9 г/м².

Реки Кольского полуострова. Количественные характеристики донных сообществ рек Кольского полуострова варьировали в пределах от 189,0 тыс.экз./м² и 384,0 г/м² до 0,83 тыс.экз./м² и 0,16 г/м². Средняя плотность составила 16,44±1,76 тыс.экз./м², биомасса – 7,90±0,61 г/м². Средние значения численности и биомассы бентоса исследованных рек Кольского полуострова представлены в таблице 1.

Реки Карельского побережья Белого моря. Численность и биомасса зообентоса в реках Карельского побережья Белого моря изменялись по участкам от 10,3 тыс.экз./м² и 15,4 г/м² до 1,2 тыс.экз./м² и 1,3 г/м² (средние: 4304±881 экз./м² и 5,5±1,1 г/м²). Средние количественные характеристики бентоса исследованных рек Карельского побережья Белого моря представлены в таблице 2.

Реки Онежского озера. Обилие зообентоса рек Онежского озера в среднем составило 9830±3291 экз./м² и 13,3±4,7 г/м² (по участкам от 53 тыс.экз./м² и 307 г/м² до 1,1 тыс.экз./м² и 0,62 г/м²). Средние количественные характеристики бентоса исследованных рек Онежского озера представлены в таблице 3.

Обсуждение

В составе зообентоса пороговых участков рек Карелии и Кольского полуострова отмечены представители групп беспозвоночных, обычных для рек Северо-запада России. Как и в других регионах (Шубина, Лоскутова, 1983) преобладают личинки хирономид, поденок, ручейников, мошек и малощетинковые черви, составляющие основу рациона молоди лососевых рыб.

Наибольшая вариабельность количественных характеристик бентоса (от 189 тыс.экз./м² до 0,83 тыс.экз./м²) имеет место в реках Кольского полуострова. В реках Карелии численность и биомасса зообентоса варьируют в меньших пределах, вероятно, вследствие более стабильных условий жизни гидробионтов. Средняя плотность донных сообществ пороговых участков рек Онежского озера и рек Кольского полуострова больше, чем в реках Карельского побережья Белого моря в соответствии с рис. 4.

Доля кормовых организмов в бентосе составляет 73% по численности (от 27 до 94%) и 66% по биомассе (от 24 до 93%). Таким образом, кормовые условия для молоди лосося в исследованных реках бассейнов Онежского озера, Белого и Баренцева морей, в соответствии с классификацией Ю.А. Шустова (1983), можно оценить как средние.

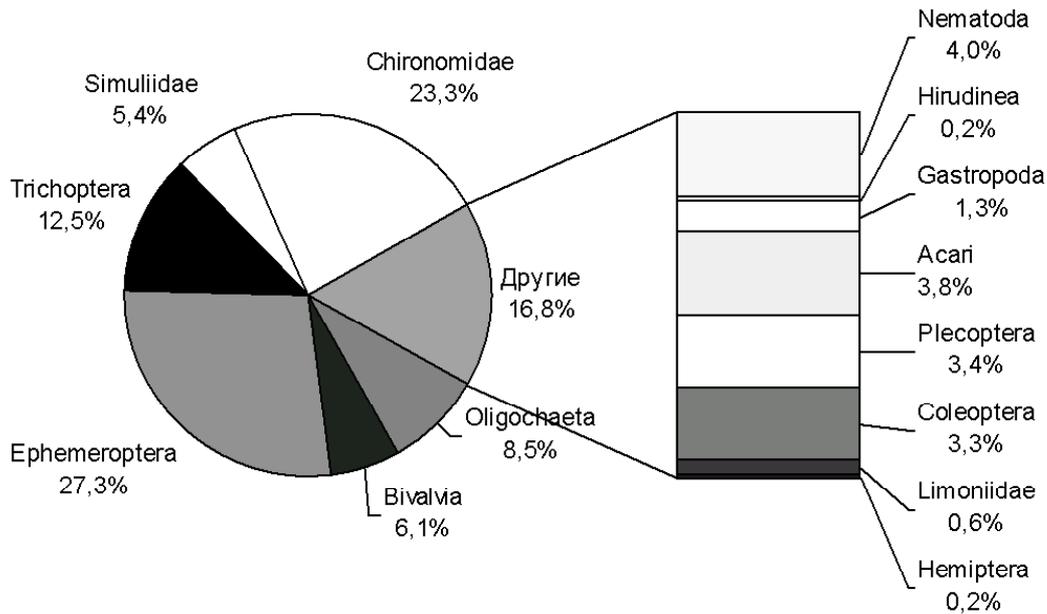


Рис. 3. Состав бентоса рек Карелии и Кольского полуострова

Таблица 1. Средние количественные характеристики бентоса пороговых участков рек Кольского полуострова в период летней межени

Группа	Реки													
	Печеньга	Кола	Кица	Рында	Йоканга	Пулоньга	Чапома	Юдина	Стрельна	Варзуга	Кузррека	Умба	Порья	Лувеньга
<i>Trichoptera</i>	0,5* (0,3)	0,9 (3,1)	3,9 (0,8)	0,3 (0,4)	0,2 (2,0)	0,2 (0,5)	0,1 (0,2)	0,2 (2,0)	0,1 (0,4)	1,9 (3,1)	0,9 (2,3)	0,2 (1,5)	0,3 (1,0)	0,3 (1,0)
<i>Plecoptera</i>	0,1 (0,1)	0,7 (0,6)	1,8 (0,8)	0,1 (0,1)	0,1 (0,1)	0,6 (0,1)	0,1 (0,1)	0,3 (0,1)	0,1 (0,1)	1,5 (0,6)	0,4 (0,5)	0,4 (0,2)	0,3 (0,3)	0,4 (0,2)
<i>Ephemeroptera</i>	3,9 (2,6)	1,6 (2,3)	0,9 (0,6)	0,1 (0,1)	0,5 (0,3)	0,2 (0,2)	0,5 (0,2)	0,5 (0,6)	0,5 (0,2)	1,3 (1,3)	0,6 (0,8)	0,9 (0,8)	0,4 (0,6)	0,1 (0,7)
<i>Simuliidae</i>	0,1 (0,1)	0,1 (0,1)	0,1 (0,1)	0,1 (0,1)	0,1 (0,1)	0,1 (0,1)	0,1 (0,1)	0,1 (0,1)	0,9 (0,2)	2,6 (0,7)	0,1 (0,1)	13,7 (9,7)	0,1 (0,1)	0,2 (0,3)
<i>Chironomidae</i>	6,7 (2,1)	21,7 (1,9)	8,0 (0,9)	2,1 (0,3)	2,9 (0,4)	6,2 (1,4)	1,9 (0,4)	3,8 (0,7)	1,4 (0,2)	15,4 (1,6)	18,4 (5,6)	3,5 (0,6)	1,6 (0,4)	3,5 (0,6)
Прочие	2,6 (1,5)	7,8 (3,8)	2,0 (1,6)	2,8 (3,2)	3,6 (4,3)	7,2 (0,7)	0,9 (0,2)	1,8 (0,6)	1,4 (0,6)	6,9 (2,4)	1,2 (0,7)	1,9 (2,7)	1,2 (4,5)	4 (2,3)
Всего	13,9 (6,7)	32,8 (11,8)	16,7 (4,8)	5,4 (4,2)	7,4 (7,2)	9,9 (3,0)	3,6 (1,2)	6,7 (4,1)	4,4 (1,7)	29,6 (9,7)	21,6 (10,0)	20,6 (15,5)	3,9 (6,9)	8,5 (5,1)
Кормовой для молоди лосо- ся зообентос	11,3 (5,2)	25,0 (8,0)	14,7 (3,2)	3,8 (1,0)	3,8 (2,9)	2,7 (2,3)	2,7 (1,0)	4,9 (3,5)	3,0 (1,1)	22,7 (7,3)	20,4 (9,3)	18,7 (12,8)	2,7 (2,4)	4,5 (2,8)

*Примечание: в таблицах 1, 2, 3 цифры без скобок – плотность, тыс. экз./м²; в скобках – биомасса, г/м².

Таблица 2. Средние количественные характеристики бентоса пороговых участков рек Карельского побережья Белого моря

Группа	Реки				
	Каменная	Нильма	Сума	Пулоньга	Поньгома
<i>Nematoda</i>	0* (0)	8 (0,01)	50 (0,01)	0 (0,01)	0 (0)
<i>Oligochaeta</i>	17 (0,21)	17 (0,01)	25 (0,01)	67 (0,85)	450 (2,69)
<i>Hirudinea</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	17 (0,53)	0 (0,87)
<i>Mollusca</i>	700 (3,2)	167 (0,66)	187 (0,40)	2100 (3,23)	8 (0,01)
<i>Acari</i>	33 (0,01)	17 (0,01)	325 (0,06)	0 (0)	92 (0,01)
<i>Ephemeroptera</i>	167 (0,2)	283 (0,23)	3900 (3,47)	858 (0,76)	42 (0,11)
<i>Plecoptera</i>	117 (0,13)	75 (0,05)	337 (0,58)	108 (0,08)	50 (0,08)
<i>Trichoptera</i>	350 (1,08)	200 (1,26)	837 (1,18)	658 (4,08)	525 (3,01)
<i>Coleoptera</i>	117 (0,11)	33 (0,03)	62 (0,02)	83 (0,09)	783 (0,50)
<i>Simuliidae</i>	8 (0,02)	17 (0,03)	138 (0,10)	167 (0,08)	550 (0,39)
<i>Chironomidae</i>	942 (0,30)	608 (0,22)	1963 (0,34)	1017 (0,28)	617 (0,11)
<i>Limoniidae</i>	25 (0,02)	58 (0,04)	125 (0,26)	8,3 (0,01)	67 (1,00)
Всего	2483 (5,3)	1492 (2,6)	7950 (6,4)	5108 (10,1)	3233 (6,4)
Кормовой для молоди лосося зообентос	1726 (1,9)	1274 (1,9)	7362 (5,9)	2899 (5,4)	2634 (5,2)

Таблица 3. Средние количественные характеристики бентоса пороговых участков рек Онежского озера

Группа	Реки				
	Шуя	Лососинка	Орзega	Лижма	Чебинка
<i>Nematoda</i>	10* (0,01)	536 (0,02)	50 (0,01)	311 (0,02)	125 (0,01)
<i>Oligochaeta</i>	486 (0,51)	2160 (1,16)	800 (1,75)	1238 (1,95)	458 (5,1)
<i>Hirudinea</i>	17 (0,15)	25 (0,48)	0 (0)	35 (0,23)	0 (0)
<i>Mollusca</i>	244 (0,12)	588 (0,35)	0 (0)	1891 (4,51)	167 (0,09)
<i>Acari</i>	69 (0,03)	253 (0,03)	87 (0,02)	220 (0,03)	33 (0,01)
<i>Ephemeroptera</i>	603 (1,38)	2272 (1,64)	131 (0,17)	2785 (3,70)	850 (0,48)
<i>Plecoptera</i>	319 (0,47)	301 (0,18)	188 (0,12)	249 (0,22)	550 (0,34)
<i>Trichoptera</i>	925 (2,43)	609 (0,93)	44 (1,28)	1776 (8,41)	208 (2,25)
<i>Coleoptera</i>	9 (0,01)	218 (0,09)	31 (0,02)	392 (0,33)	42 (0,025)
<i>Simuliidae</i>	61 (0,04)	149 (0,07)	138 (0,23)	1061 (1,02)	125 (0,11)
<i>Chironomidae</i>	2043 (0,50)	7746 (1,72)	200 (0,05)	1375 (0,45)	725 (0,29)
<i>Limoniidae</i>	0 (0)	76 (0,32)	44 (0,05)	67 (0,14)	8 (0,07)
<i>Hemiptera</i>	58 (0,87)	6 (0,17)	0 (0)	47 (1,10)	0 (0)
Всего	4844 (6,5)	14984 (7,2)	1712 (3,7)	11948 (21,7)	3291 (8,8)
Кормовой для молоди лосося зообентос	4018 (5,7)	11377 (5,1)	776 (1,9)	7752 (15,4)	2508 (3,6)

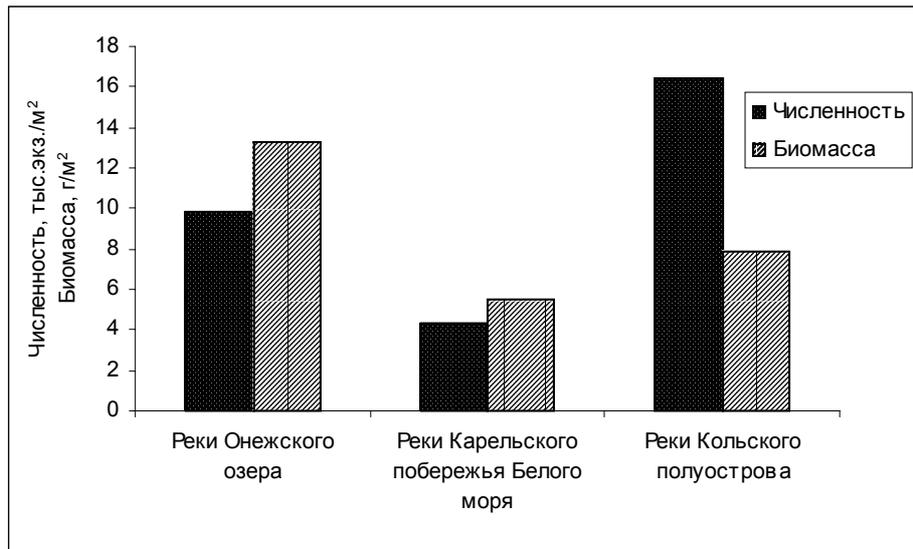


Рис. 4. Средние количественные характеристики зообентоса пороговых участков обследованных районов

Выводы

В зообентосе пороговых участков рек отмечены представители групп *Nematoda*, *Oligochaeta*, *Hirudinea*, *Gastropoda*, *Bivalvia*, *Acari*, *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*, *Coleoptera*, *Simuliidae*, *Chironomidae*, *Limoniidae*, *Hemiptera*. Основу численности (73%) и биомассы (66%) составляют личинки хирономид, поленок, ручейников, мошек и малощетинковые черви, являющиеся кормовыми объектами для молоди лососевых рыб.

В среднем количественные характеристики донных сообществ рек Карелии и Кольского полуострова варьируют от 4 до 16 тыс. экз./м² и от 5,5 до 15,5 г/м². Численность и биомасса зообентоса на пороговых участках рек Онежского озера и Кольского полуострова сопоставимы и больше чем на реках Карельского побережья Белого моря. Кормовые условия для молоди лосося в реках Карелии и Кольского полуострова можно оценить как средние.

Литература

- Барышев И.А. 2001. Реофильные сообщества донных беспозвоночных притоков Онежского озера и Белого моря. Автореф. канд. дисс. Петрозаводск. 24 с.
- Качалова О.Л. 1972. Ручейники рек Латвии. Рига. 215 с.
- Михайлина Т.П. 2000. Макрозообентос рек южной части бассейна Ладожского озера в условиях антропогенного воздействия. Автореф. канд. дисс. Петрозаводск. 25 с.
- Пареле Э.А. 1979. Зообентос реки Тауя в пределах Национального парка // 70 науч. конф. «Изуч. и освоение водоемов Прибалтики и Белоруссии». Тез. докл. Рига. Т. 2. С. 31-33.
- Хренников В.В. 1983. Механизм и скорость формирования донных биоценозов в лососевых реках // Лососевые (*Salmonidae*) Карелии. Петрозаводск. С. 146-162.
- Шубина В.Н. 1986. Гидробиология лососевой реки Северного Урала. Л. 158 с.

- Шубина В.Н., Лоскутова О.А. 1983. Бентос лососевых северо-уральских рек (басс. Печоры) // Биологические ресурсы водоемов Урала, их охрана и рациональное использование. Пермь. Ч. 1. С. 80-81.
- Шустов Ю.А. 1983. Экология молоди атлантического лосося. Петрозаводск. 152 с.
- Шустов Ю.А. 1995. Экологические аспекты поведения молоди лососевых рыб в речных условиях. СПб. 161 с.
- Egglishaw H.J. 1970. Production of salmon and trout in a stream in Scotland // J. Fish Biol. V. 2., № 1. P. 117-136.
- Gabler H.M. 2000. Feeding ecology and resource partitioning in Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L.) and freshwater sculpins (*Cottus gobio* L. and *C. poecilopus* Heckel) in sub-Arctic rivers. Thesis degree of Doctor Sci., Norway.
- Jones N.A. 1970. A study of salmonid populations of the River Teify and tributaries Near Tregaron. J. Fish Biol. V. 2. № 2. P. 183-198.
- Le Cren E.D. 1969. Estimates of fish populations and production in small stream in England // Symp. Of salmon and trout in streams. H.R. Mac Millan lectures in Fisheries. Univ. of British Columbia. P. 269-280.
- Mills D.H. 1964. The ecology of the young stages of the Atlantic salmon in the river Bran, Ross-shire // Freshwater and salmon Fish. Res. № 32. 58 p.
- Mortensen E. 1977. The population dynamics of young trout (*Salmo trutta* L.) in a Danish brook // J. Fish. Biol. V. 10. № 1. P. 23-33.
- Power G. 1973. Estimates of age, growth, standing crop and production of salmonids in some North Norwegian rivers and streams // Rept. Inst. Freshw. Res. Drottningholm. № 53. P. 78-111.
- Shustov Y.A. 1990. A review of studies of habitat conditions and behavior of young Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the rivers of Karelia and the Kola Peninsula // Pol. Arch. Hydrobiol. V. 37. № 1-2. P. 29-42.
- Waters T.F. 1989. Fish production - benthos production relationships in trout streams // Pol. Arch. Hydrobiol. V. 35. № 3-4. P. 545-561.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 323-326.

БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ВОДАХ БЕЛОГО МОРЯ

В.А. ЧУГАЙНОВА

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

В докладе представлены результаты сезонных исследований биогенных элементов вод Белого моря за 2003 г. Комплексными исследованиями были охвачены все районы моря. Станции располагались равномерно по всей акватории (по 6 станций в каждом районе). Пространственное распределение биогенных элементов в Белом море зависит, главным образом, от динамики вод. Воды речного стока богаче поверхностных морских вод биогенными элементами (особенно Si и N), соответственно и зоны, подверженные их воздействию, характеризуются полями повышенных концентраций этих элементов. Основные изменения концентраций биогенных элементов в фотическом слое связаны с сезонными изменениями интенсивности продукционно-деструкционных процессов, которые обуславливают в весенне-летний период пересыщение вод кислородом, минимальные концентрации минеральных форм азота и фосфора, а также их накопление в осенний период. Приведены карты распределения нитратов, фосфатов и силикатов в поверхностном слое воды.

V.A. Chugainova. The biogenic elements in the White Sea waters // 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. 323-326.

The results of seasonal studies of biogenic elements in the White Sea waters for 2003 are submitted in the paper. Complex investigations have been covered all areas of the Sea. Stations were settled at regular intervals on all water area (6 stations in each area). Spatial distribution of biogenic elements in the White Sea depends mainly on water dynamics. Waters of river flow are more abundant in biogenic elements (especially in Si and N), than surface sea waters, and the zones, subject to their impact, are characterized accordingly by plots of the increased concentration of these elements. Basic biogenic element concentration changes in photic layer are connected to seasonal changes of productive-destructive process intensities which cause during the spring-and-summer period an oxygen oversaturation in waters, the minimal concentration of mineral forms of nitrogen and phosphorus, and also their accumulation during the autumn period. Maps of nitrates, phosphates and silicates distribution in surface layer of water are presented.

Эффективное развитие рыбохозяйственной отрасли в Российской Федерации на современном этапе требует экосистемного информационного обеспечения различных направлений ее деятельности. Эта проблема имеет особую актуальность для Белого моря, которое обладает значительными запасами морских, проходных и полупроходных рыб лососево- сигавого комплекса, беломорской сельди, наваги, промысловых видов морских макрофитов и морских млекопитающих. Одной из наиболее важных задач в данном отношении является изучение биохимической основы продуктивности, влияющей как на формирование запасов промысловых объектов, так и на их качество.

В последние годы СевПИНРО проводятся комплексные исследования экосистемы Белого моря по ряду гидрологических, гидрохимических, гидробиологических показателей водной среды.

В статье представлены результаты сезонных исследований биогенных элементов вод Белого моря за 2003 г. Комплексными исследованиями были охвачены все районы моря. Станции располагались равномерно по всей акватории (по 6 станций в каждом районе). В ходе исследований, наряду с биоген-

ными элементами, определяли содержание кислорода, биохимическое потребление кислорода (БПК₅), а также измерялись температура, соленость. Пробы воды отбирались с поверхностного и придонного горизонтов. Анализ проб проводился согласно общепринятым в гидрохимической практике методикам (Методы...1988). Приведены карты распределения фосфатов, нитратов, аммонийного азота и силикатов в поверхностном слое воды.

Пространственное распределение биогенных элементов в Белом море зависит, главным образом, от динамики вод. Воды речного стока богаче поверхностных морских вод биогенными элементами (особенно кремнием и соединениями азота), соответственно и зоны, подверженные их воздействию, характеризуются полями повышенных концентраций этих элементов (Максимова, 1990). Основные изменения концентраций биогенных элементов в фотическом слое связаны с сезонными изменениями интенсивности продукционно-деструкционных процессов, которые обуславливают в весенне-летний период пересыщение вод кислородом, минимальные концентрации минеральных форм азота и фосфора, а также их накопление в осенний период.

Для 2003 года характерна ранняя весна, что отразилось на распределении биогенных элементов в Белом море. Уже в конце мая - начале июня, во время первой съемки моря, были зафиксированы минимальные за весь сезон концентрации фосфатов. Так на отдельных станциях в поверхностных водах Кандалакшского, Онежского заливов, Бассейна, Горла и Воронки их содержание сводилось к нулю. В остальных районах также наблюдались минимальные значения концентраций неорганического фосфора в поверхностном слое воды (Рис. 1). Максимум весеннего содержания фосфатов был отмечен в поверхностном слое воды кутовой части Двинского залива (0,036 мг/л) и в Мезенском заливе (0,015 мг/л на поверхности и 0,151 мг/л у дна). Интенсификация процессов деструкции в условиях интенсивного прогрева морских вод позволила поддержать довольно высокий уровень содержания питательных веществ. И поэтому наиболее высокие значения концентраций неорганического фосфора отмечались в летний период: они составили в среднем 0,030 мг/л от поверхности до дна почти во всем Белом море. В глубоководных частях Кандалакшского залива и Бассейна их значения достигали 0,040-0,060 мг/л. В осенний период содержание фосфора несколько снизилось и составило от 0,020 до 0,030 мг/л также почти с равномерными значениями его концентраций в поверхностных и придонных слоях. Если рассматривать отдельные районы Белого моря, то наибольшие концентрации неорганического фосфора летом и осенью наблюдались в Кандалакшском заливе (0,020-0,080 мг/л).

Что касается содержания солей азота, то здесь также наблюдалось аналогичное фосфатам сезонное их распределение. В весенний период почти на всей акватории Белого моря наблюдалось равномерное распределение нитратного азота – 0,050-0,060 мг/л в среднем, при большой вариабельности по станциям (от 0,01 до 0,10 мг/л). Исключение составляли Бассейн – 0,030 мг/л в среднем и Мезенский залив, в стоковом течении которого были зафиксированы максимальные концентрации нитратов – более 0,1 мг/л (Рис. 2). В придонном горизонте мелководных Мезенского и Онежского заливов, а также в Воронке, содержание нитратов аналогично их количеству в поверхностных водах. В остальных районах у дна нитратов больше в 1,5-3 раза.

Летом в поверхностных водах относительно глубоководных стратифицированных районов (Кандалакшский залив, Бассейн) количество нитратов уменьшалось. В придонных водах их концентрации увеличивались, очевидно, за счет минерализации органического вещества. Максимальные значения наблюдались у дна в Кандалакшском (0,178 мг/л), Двинском (до 0,170 мг/л) заливах и в Бассейне (до 0,251 мг/л). В хорошо перемешиваемых водах Онежского и Мезенского заливов они изменялись незначительно с отклонениями в ту или другую сторону от весеннего их содержания.

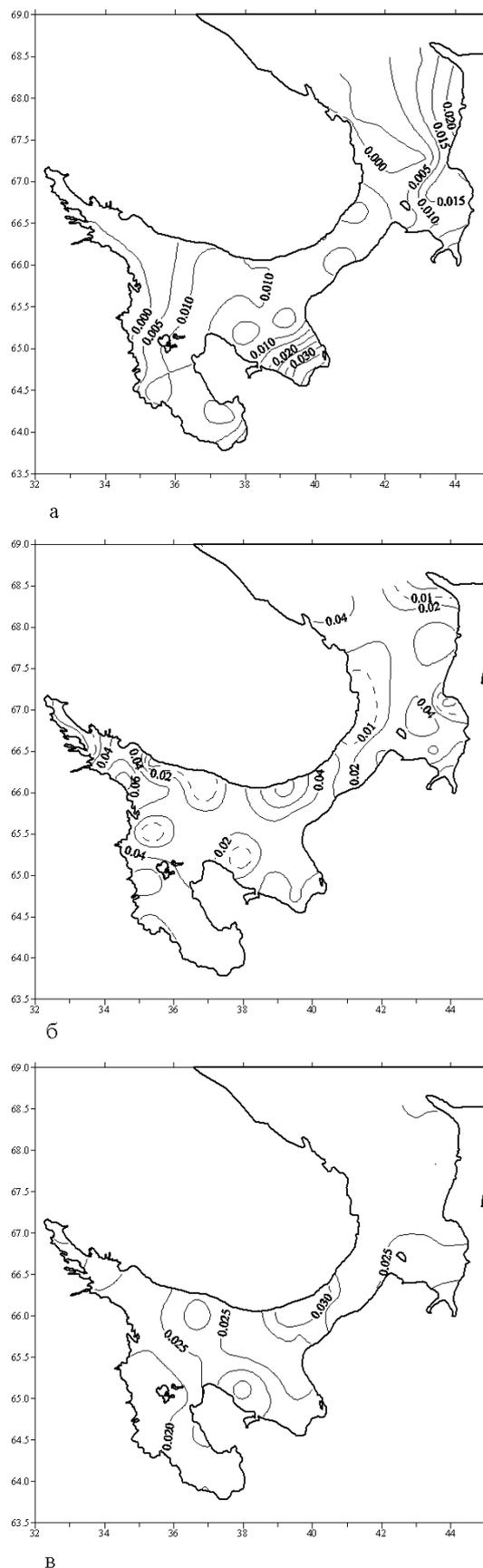


Рис. 1. Сезонная динамика распределения фосфатов (мг/л) в поверхностном слое воды в 2003 г.: а - весна, б - лето, в - осень

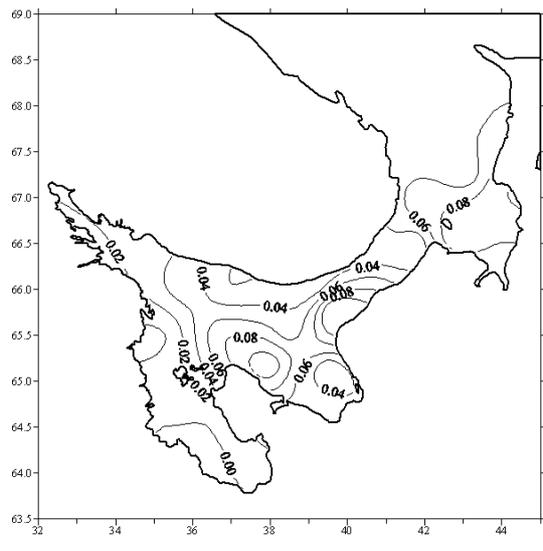
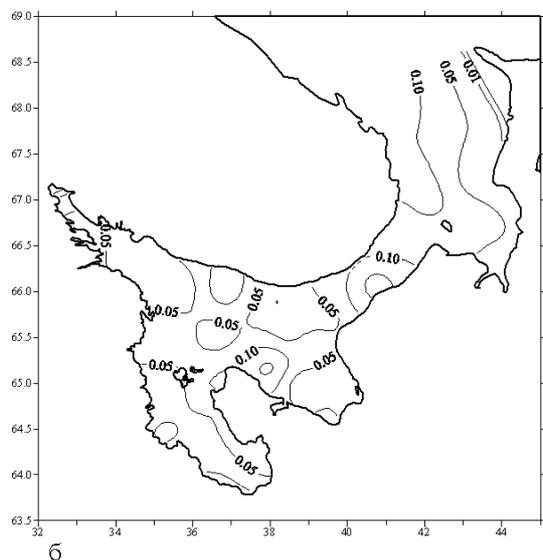
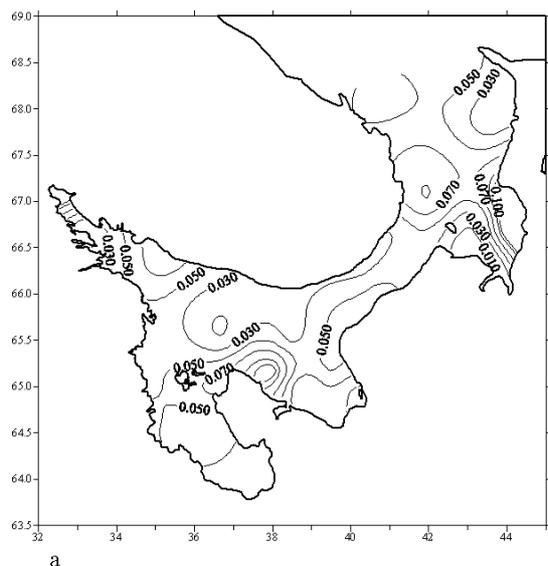


Рис. 2. Сезонная динамика распределения нитратов (мг/л) в поверхностном слое воды в 2003 г.: а - весна, б - лето, в - осень

Осенью содержание нитратов почти во всех районах моря уменьшилось, кроме Мезенского и Двинского заливов.

По результатам исследования распределения нитритов можно сказать, что за весь безледоставный период их содержание изменялось незначительно – 0,001-0,002 мг/л во всем море, с небольшим приращением осенью – до 0,004 мг/л. Наиболее высокие его концентрации были зафиксированы осенью в придонных и поверхностных водных слоях Воронки (0,004-0,009 мг/л), а также летом и осенью в поверхностных слоях Онежского залива (0,003-0,006 мг/л).

В осенний период 2003 года были также проведены исследования по распределению аммонийного азота и кремния в Белом море. Полученные результаты показывают, что диапазон изменения концентраций аммонийного азота составил от 0,002 до 0,01 мг/л. Наиболее высокие его концентрации были зафиксированы в Онежском (0,004-0,01 мг/л), Мезенском (0,002-0,008 мг/л) и Двинском (0,002-0,006 мг/л) заливах, подверженных влиянию крупных рек (Рис. 3).

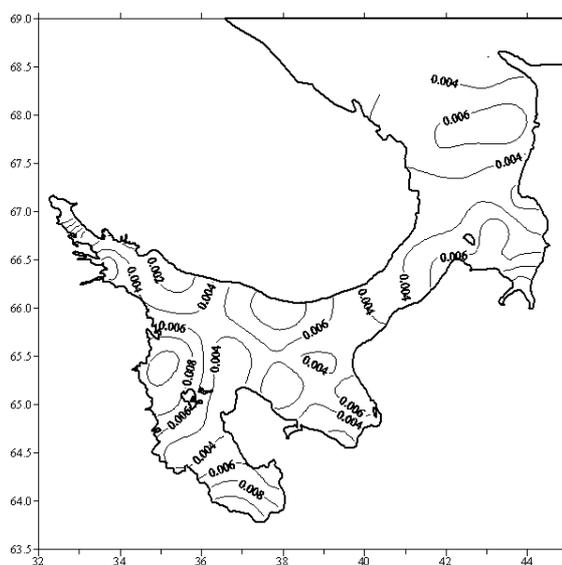


Рис. 3. Содержание аммонийного азота (мг/л) в поверхностном слое воды осенью 2003 г.

Диапазон изменения концентраций кремния составил от 0,06 до 0,6 мг/л. Поскольку основным источником кремния в море является речной сток, то его наибольшие концентрации наблюдались также в кутовых частях Онежского, Двинского (до 0,4 мг/л), Кандалакшского и Мезенского (до 0,6 мг/л) заливов (Рис. 4).

Полученная картина распределения биогенных элементов полностью совпадает с развитием фитопланктона в исследуемый период. На станциях, где наблюдалось отсутствие или пониженное содержание питательных веществ, были зафиксированы и минимальные биомассы фитопланктона. Так весной минимум биомассы был приурочен к районам с отсут-

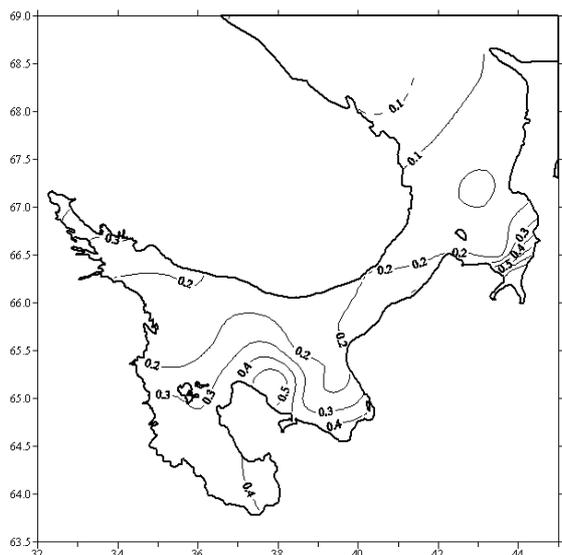


Рис. 4. Содержание силикатов (мг/л) в поверхностном слое воды осенью 2003 г.

ствием фосфатов: на выходе из Кандалакшского, северной части Онежского заливов, центральной части Бассейна. Летом максимальное содержание всех форм биогенных элементов приурочено к кутовым частям губ. Здесь же отмечены и максимальные биомассы фитопланктона, а в Бассейне и Воронке – минимальные.

Деятельность фитопланктона отражается и на вертикальном распределении питательных веществ. Так, весной и летом, во время активного их развития количество биогенных элементов на поверхности гораздо меньше, чем у дна. Осенью же, в связи с затуханием деятельности фитопланктона может наблюдаться обратная картина. Например, в Мезенском и Двинском заливах количество нитратов в поверхностном слое заметно превышало их содержание в придонном горизонте.

Таким образом:

- содержание в воде биогенных элементов часто является единственным фактором, лимитирующим развитие фитопланктона и ограничивающим продуктивность морских экосистем, что в наибольшей

степени относится к открытым, удаленным от берега районам моря, в частности к Бассейну, Воронке;

- сложность их горизонтального и вертикального распределения в море определяется рядом факторов, к которым относятся, прежде всего, речной сток и вертикальная стратификация вод в глубоководных районах;

- изменение концентрации и форм нахождения биогенных элементов в море в немалой степени обуславливается также постоянно идущим процессом трансформации отмершего органического вещества, осуществляемым микроорганизмами;

- режим соединений азота и фосфора в фотической зоне моря подвержен внутригодовой изменчивости, согласуясь с динамикой фитопланктона. Весной и летом развитие фитопланктона уменьшает содержание биогенных элементов, осенью их количество возрастает за счет минерализации органического вещества, а также за счет конвективного перемешивания вод.

Особенностью режима биогенных элементов в 2003 г. является ранняя весна, что привело к минимальным за весь сезон концентрациям фосфатов в этот период. Однако интенсификация процессов деструкции в условиях интенсивного прогрева морских вод позволила поддержать довольно высокий уровень содержания питательных веществ. В летний период с усилением стратификации в глубоководных районах увеличилась и дифференциация в содержании питательных веществ между поверхностью и дном, которая нивелировалась в осенний период. Пространственное распределение биогенных элементов в Белом море зависит, главным образом, от динамики вод. Воды речного стока богаче поверхностных морских вод биогенными элементами (особенно Si и N), соответственно и зоны, подверженные их воздействию, характеризуются полями повышенных концентраций этих элементов.

Литература

Максимова М.П. 1990. Гидрохимия Белого моря.: Автореферат дисс. на соиск. уч. степ. доктора геогр. наук. М. 51 с.

Методы гидрохимических исследований основных биогенных элементов. 1988. М.: ВНИРО. 119 с.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 327-332.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОСЕЛЕНИЙ *MYA ARENARIA* НА ЛИТОРАЛИ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

Г.А. ШКЛЯРЕВИЧ, И.Б.ЩЕРБАКОВА

Петрозаводский государственный университет

Исследование возрастного состава и количественных характеристик поселений выявило тенденцию к уменьшению плотности и биомассы вида за период наблюдений в 1977, 1998 и 2004 годах.

G.A. Shklyarevich & I.B. Shcherbakova. Long-term changes in the settlements of *Mya arenaria* in littoral zone in Kandalaksha Bay of the White Sea // 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. 327-332.

Studies of age structure and quantitative characteristics of settlements of *Mya arenaria* has revealed the tendency to reduction in density and biomass of this species as observed in 1977, 1998 and 2004.

Mya arenaria – это зарывающийся в грунт на глубину 30-40 см двустворчатый моллюск, который благодаря своему длинному сифону поддерживает связь с поверхностью. Моллюск обитает на плотно слежавшихся мелкопесчаных и глинистых грунтах с большим содержанием алевропелитовых фракций, поскольку на таких плотно слежавшихся грунтах не происходит оплывания грунта внутрь норки моллюска. Через сифон осуществляются все физиологические процессы: дыхание, питание, выделение и вымет половых продуктов. Глубина, на которую закапывается *Mya arenaria*, увеличивается с возрастом (Свешников, 1963).

Половозрелость у песчаной ракушки по данным М.Н. Русановой (1963) наступает на третьем году, а продолжительность жизни не превышает 18 лет. По данным И.А. Садыховой (1979) половозрелыми мии становятся в 3-4 года, а продолжительность жизни моллюсков составляет 10 и более лет. Н.В. Максимович (1978б, 1980) считает, что моллюски становятся половозрелыми в 2 года, продолжительность жизни песчаной ракушки составляет 7-8, максимальная 17 лет (Максимович, 2003). По нашим данным продолжительность жизни этого моллюска в местах наших исследований в Кандалакшском заливе не превышает 14-16 лет (Шкляревич, Щербакова, 2004).

У *Mya arenaria* достаточно сжатые сроки нереста, что характерно для 20% морских беспозвоночных (Удалов, 2000). Нерест происходит в июле при температуре не ниже 10°C. Появление пелагических личинок в планктоне наблюдается в июле-августе (Максимович, 1980).

Питается *Mya arenaria* преимущественно детритом, диатомовыми водорослями и мелкими ракообразными. Питание моллюска происходит за счет фильтрации воды во время прилива, когда поступает большое количество пищи, в отлив сифон не полно-

стью втягивается в норку, а как бы прикрывается (Бескупская, 1963).

Mya arenaria относится к эвригалинным формам (Свешников, 1963). В устье пресного ручья эти моллюски фильтруют столь же активно, как и на участках с соленостью 24-25‰. Среди всех беспозвоночных, обитающих на литорали Белого моря, для *Mya arenaria* характерна одна из самых высоких степеней толерантности к распреснению. Это необходимая адаптация для обеспечения нормальной жизнедеятельности в специфических условиях обитания в приливно-отливной зоне Белого моря (Бергер, 1986).

Целью данной работы являлось выявление межгодовой динамики численности *Mya arenaria* на литорали островов кутовой части Кандалакшского залива Белого моря.

Материалами для данной работы послужили сборы двустворчатого моллюска *Mya arenaria* в Кандалакшском заливе о. Оленьего в Коровьей губе и о. Ряжкова в Северной и Южной губах в июне – июле 1977, 1978, 2003 и 2004 гг., а также результаты маршрутной съемки, проведенной на литорали луды Девичьей.

Методика взятия проб для количественного учета *Mya arenaria*: с поверхности литорали в месте скопления моллюсков с площади 0,1 м² изымался грунт до глубины 30-40 см. Живые организмы, находящиеся в пробе, промывались через сито с размером ячеек 1 мм². Каждая особь *Mya arenaria* отдельно взвешивалась, раковина измерялась штангенциркулем с точностью до 0,1 мм, определялся возраст по кольцам зимней приостановки роста. Также велся учет сопутствующих организмов: проводилась их идентификация, подсчитывалось количество животных для определения плотности и определялась масса для каждого из обнаруженных видов в отдельности.

Количественные данные по взятым пробам представлены в таблице 1.

Для отображения возрастной структуры поселения моллюска на литорали Коровьей губы о. Олений построен график (Рис. 1).

Таблица 1. Данные о местах и количестве взятых проб

Год	Район	Количество проб	Количество обработанных <i>Mya arenaria</i>	Количество обнаруженных сопутствующих видов
1977	о. Олений, Коровья губа	2	29	7
	о. Ряжков, Северная губа	3	58	9
1978	о. Ряжков, Северная губа	13	151	10
2003	о. Олений, Коровья губа	5	23	5
2004	о. Олений, Коровья губа	5	26	5
	о. Ряжков, Северная губа	3	14	6
ИТОГО:		31	301	14

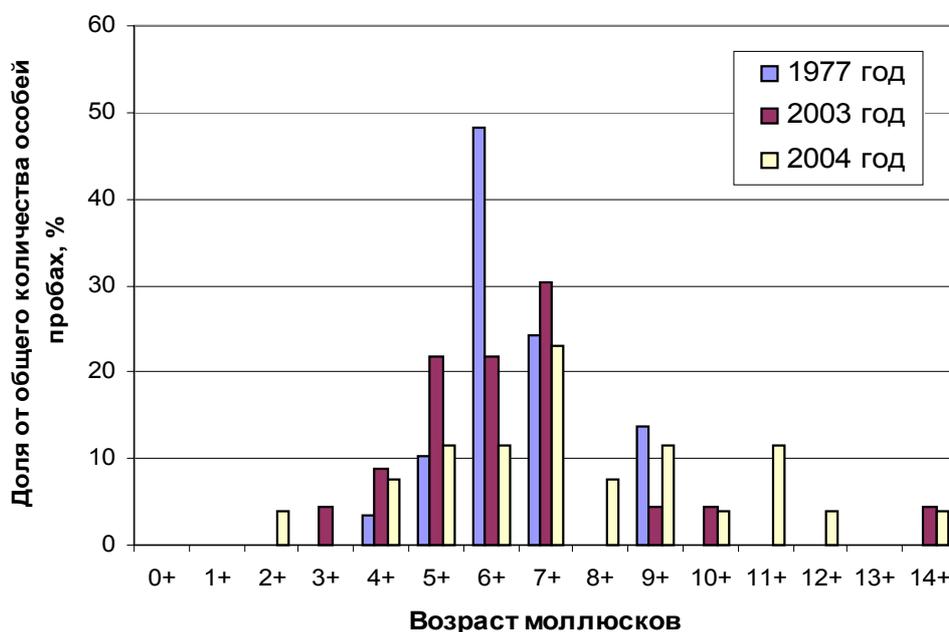


Рис. 1. Динамика возрастной структуры поселений *Mya arenaria* в Коровьей губе о. Оленьего в 1977, 2003 и 2004 гг.

В 1977 г. наблюдалось доминирование особей в возрасте 6+, 7+, доля их в пробах составляла 72,4%. Молодые особи моллюсков (до 4+ лет) в пробах 1977 г. выявлены не были.

В 2003 г. при исследовании двустворчатого моллюска на литорали Коровьей губы наблюдался более широкий возрастной спектр, но с преобладанием того же возрастного ядра 5+, 6+, 7+. Доля этой средневозрастной категории особей составляла 73,9%. Вместе с тем были выявлены единичные особи более старшего (9+, 10+, 14+) возраста и более младшего (3+, 4+).

Полученные в 2004 г. данные указывают на высокую возрастную вариабельность. В пробах были обнаружены в достаточном количестве особи от 4+ до 9+ лет, их доля в сумме составляет 73,1%. Кроме того, были обнаружены особи старше 9 лет, они составили 23,1%. Полученные данные явно показыва-

ют доминирование половозрелых взрослых особей, что может говорить о полноценной возможности размножения.

Динамика возрастной структуры поселения моллюсков в Северной губе острова Ряжков представлена на графике (Рис. 2).

На графике видно, что в 1977 г. наиболее высокая доля моллюсков в возрасте 6+ и 7+, рожденных соответственно в 1970 и 1971 гг. В 1978 г. пик приходился на моллюсков в возрасте 7+ и 8+, также рожденных в 1970 и 1971 гг. Таким образом, ситуация в течение периода 1977-1978 гг. оставалась стабильной и кардинальных изменений в возрастной структуре поселения не наблюдалось.

В 1977 г. особи старше 7 лет, то есть рожденные до 1970 года, не были обнаружены, но в пробах за 1978 г. доля особей, рожденных в период 1965-1969, составляла 20,5%.

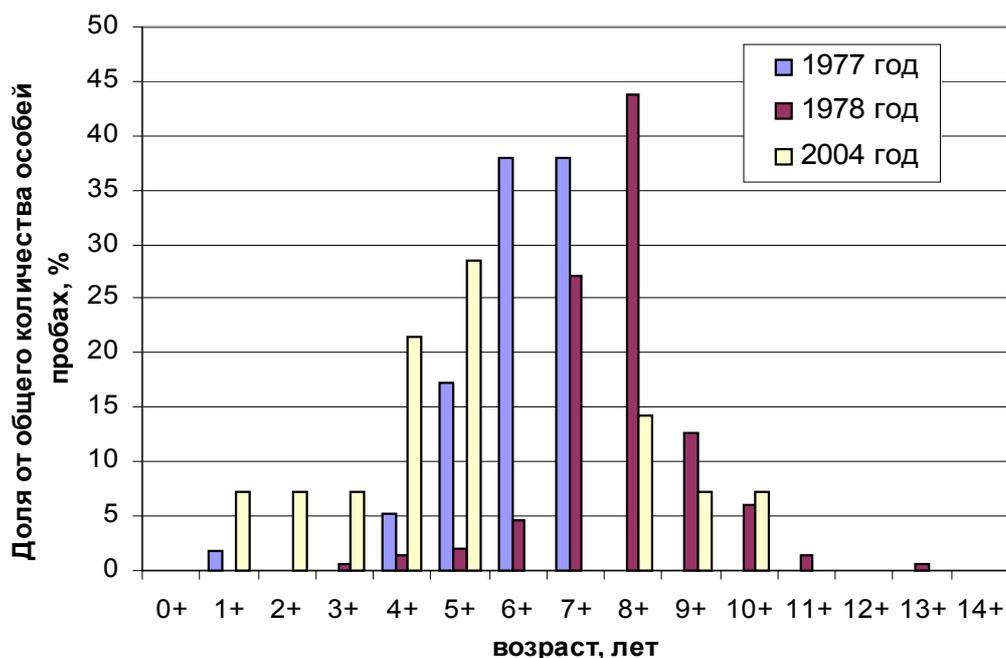


Рис. 2. Динамика возрастной структуры поселений *Mya arenaria* в Северной губе о. Ряжкова в 1977, 1978 и 2004 гг.

На графике за 2004 г. видно, что отсутствуют особи *Mya arenaria* в возрасте 6+ и 7+, которые должны быть рождены в 1997-1998 гг., в достаточном количестве представлены особи в возрасте от 1+ до 5+.

В 1977-1978 гг. была также исследована губа Южная острова Ряжков. В конце 70-х годов там было большое поселение *Mya arenaria*, при исследовании этой части литорали в 2004 г. песчаные ракушки обнаружены не были. Следует отметить, что В.А. Свешников (1963) приводит сведения о крупном поселении на литорали Южной губы острова Ряжков, исследовавшемся им в 1948-1949 гг.

В 1977 г. методом маршрутной съемки была обследована луда Девичья, расположенная вблизи острова Ряжков. В 1977 г. плотность *Mya arenaria* на литорали луды достигала 3 экземпляров на квадратный метр. При аналогичном обследовании литорали в 2004 г. на всей территории был обнаружен лишь один экземпляр моллюска.

Данные по средней плотности и биомассе *Mya arenaria* в обследованных районах представлены в таблице 2.

Причиной столь отличающейся в разные годы исследования плотности и биомассы *Mya arenaria*, может быть естественная избирательная элиминация, когда происходит гибель части особей, менее приспособленной к изменяющимся факторам окружающей среды.

Кроме того, время от времени в районе Белого моря наблюдаются довольно резкие изменения климата, влекущие за собой адекватные колебания условий обитания беспозвоночных животных в морской среде. Для взрослых *Mya arenaria* очень существенны не сами резкие колебания температуры литорального субстрата, а то, что резкие температурные колебания вызывают активизацию такого геологического явления как солифлюкция – выпячивание некоторых участков грунта в процессе промерзания и протаивания тонкодисперсных грунтов. Это явление наиболее активно проявляется на склонах литоральной зоны средней и малой крутизны (8-15°C) (Каплина, 1965, Жигарев, 1967).

Удивителен тот факт, что при полном отсутствии сеголеток и годовиков на острове Олений и сеголеток на острове Ряжков на протяжении всего пе-

Таблица 2. Данные по плотности и биомассе моллюска

Район	Год	Средняя плотность, $M \pm m$, экз/м ²	Средняя биомасса, $M \pm m$, кг/м ²
о Олений, Коровья губа	1977	145,0±63,6	1,5±0,5
	2003	46,0±18,2	0,5±0,2
	2004	52,0±18,8	1,3±0,5
о. Ряжков, Северная губа	1977	193,3±28,6	1,2±0,2
	1978	116,2±8,5	1,6±0,1
	2004	46,7±10,8	0,5±0,1

риода наших исследований, оба поселения *Mya arenaria* остаются относительно стабильными во времени. Отсутствие молодых моллюсков, по всей вероятности, можно объяснить рядом причин:

1. Отрицательное воздействие низких температур в поверхностных слоях литоральных грунтов. В отдельные годы с суровыми зимами может иметь место довольно длительное промерзание грунта вместе с обитающими в нем молодыми миями, находящимися на небольшой глубине.

2. Хищничество. Выедание молоди *Mya arenaria* хищниками, такими, как чайки (*Larus argentatus*, *Larus canus*), кулики (*Haematopus ostralegus*, *Arenaria interpres*), рыбы, кормящиеся на литорали во время прилива треска (*Gadus morpha*), камбала (*Pleuronectus flesus*), маслюк (*Pholis gunellus*), бельдюга (*Zoarces viviparus*), и морские звезды (*Asterias rubens*). В Порьей губе мы наблюдали, как молодых мий, обитающих в грунте на глубине 5-8 см, добывали серые журавли (*Grus grus*), останавливающиеся в заповедной акватории на пролете.

3. Полное отсутствие сеголеток в поселениях отмечено нами не впервые. За период наших исследований лишь в 2001 году в Порьей губе (Западная Порья) в среднем горизонте литорали нами была обнаружена одна мия в возрасте 0+. Однако не однократно нами наблюдалось большое количество сеголеток, осевших в зарослях *Zostera marina* в непосредственной близости от массового поселения *Mya arenaria*. Можно предположить, что заросли морской травы являются более удобными для оседания личинок песчаной ракушки. Со временем

плотная дерновина из подземных побегов препятствует продвижению молодых моллюсков на адекватную глубину, и, возможно, молодь *Mya arenaria* вынуждена перемещаться в горизонтальном направлении в места многолетних поселений этой двустворки. По данным Максимовича (Максимович, Герасимова, 2000) возможен приток молоди в популяцию за счет мигрирующих ювенильных особей. Он указывает, что это достаточно обычный способ пополнения молодью поселений многих беломорских видов *Bivalvia*. Возможно, в исследованных нами поселениях имеет место аналогичное явление.

Во взятых пробах исследовалась сопутствующая фауна. Для наглядности был построен график (Рис. 3), отражающий долю и видовое разнообразие организмов, обитающих совместно с *Mya arenaria*.

Наиболее высокий процент организмов, содержащихся в пробах за 1977, 2003 и 2004 гг., составляют *Hydrobia ulvae* 55,8%, 72,1% и 62,5% соответственно по годам и *Macoma balthica* 40,9%, 27,4% и 36,5% соответственно. Эти два вида моллюсков почти всегда присутствуют в пробах с *Mya arenaria*. *Hydrobia ulvae* связана с песчаной ракушкой прямой трофической связью (Свешников, 1963), поскольку эти гастроподы питаются фекалиями и неперева-ренными частицами, выбрасываемыми двустворкой из сифона. Высокая доля *Macoma balthica* в пробах с песчаной ракушкой связана со сходностью условий обитания, однако, *Macoma balthica* более эвригалинный вид в отношении солености, продолжительности осушения и механического состава грунта (Свешников, 1963).

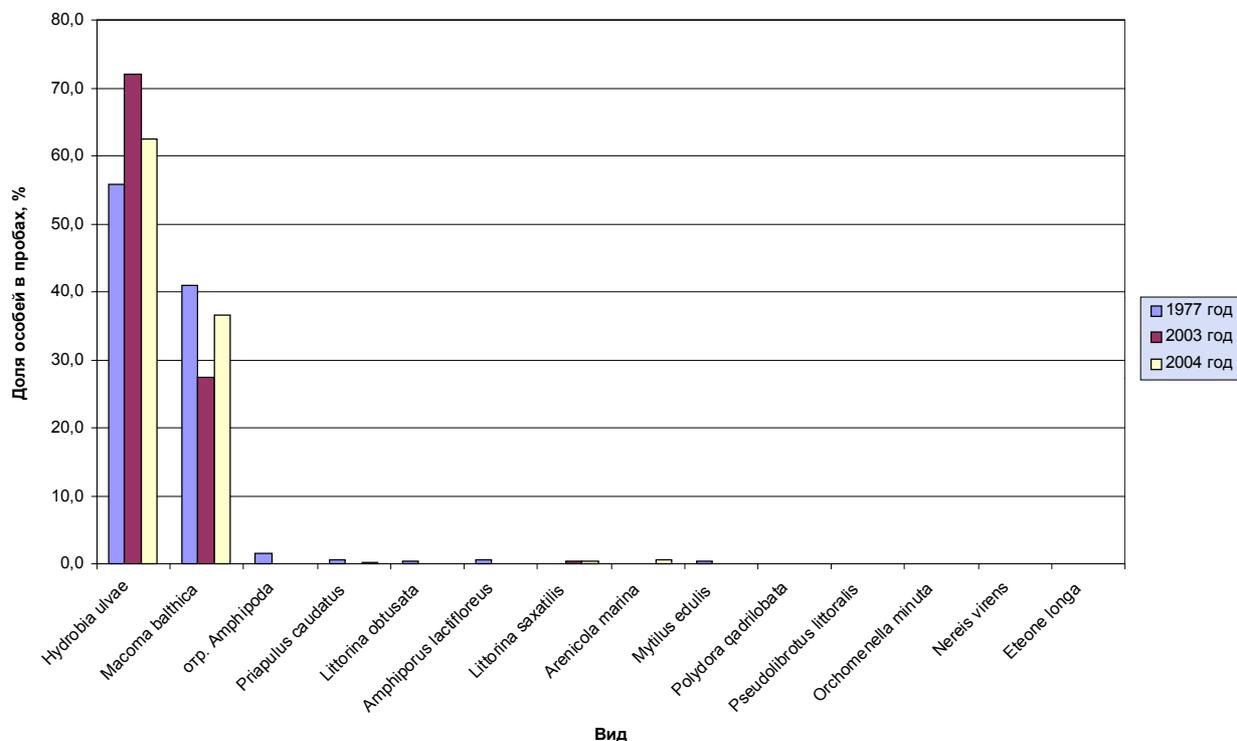


Рис. 3. Доля сопутствующей фауны в пробах о. Олений за 1977, 2003 и 2004 гг.

Представители отряда *Amphipoda* и *Amphiporus lactifloreus* были отмечены только в 1977 г. Не была обнаружена в 2003-2004 гг. *Littorina obtusata*, однако встречался другой вид *Littorina saxatilis*.

Для анализа сопутствующей фауны о. Ряжков был построен график (Рис. 4).

На графике видно, что в 2004 г. полностью исчезли виды *Orchomenella minuta*, *Eteone longa*, *Polydora quadrilobata*. В пробах не были найдены *Arenicola marina*, но следы их присутствия в Северной губе острова Ряжков наблюдалось по горкам экскрементов.

Наиболее обычным видом беспозвоночных в пробах Северной губы о. Ряжков была *Macoma balthica*, ее доля составляла 52,2% в 1977, 65,4% в

1978 и 91,1% в 2004 году. Доля *Hydrobia ulvae* с 0,2% в 1977 году возросла до 7,9% в 2004 г.

Таким образом, проведенные нами многолетние исследования поселений *Mya arenaria* на литорали губы Коровья о. Олений, губы Северная и Южная о. Ряжков и луды Девичья показали тенденцию к уменьшению плотности и биомассы вида вплоть до полного исчезновения поселений. Об этом упоминали А.И. Бабков и А.Н. Голиков (1984), которые отмечали заметное сокращение за последние годы площадей, занимаемых *Mya arenaria*, существенное снижение биомассы и плотности моллюска, что связано с возрастающим заилением защищенных участков Белого моря. Подобное явление, вероятно, имеет место и в настоящий момент.

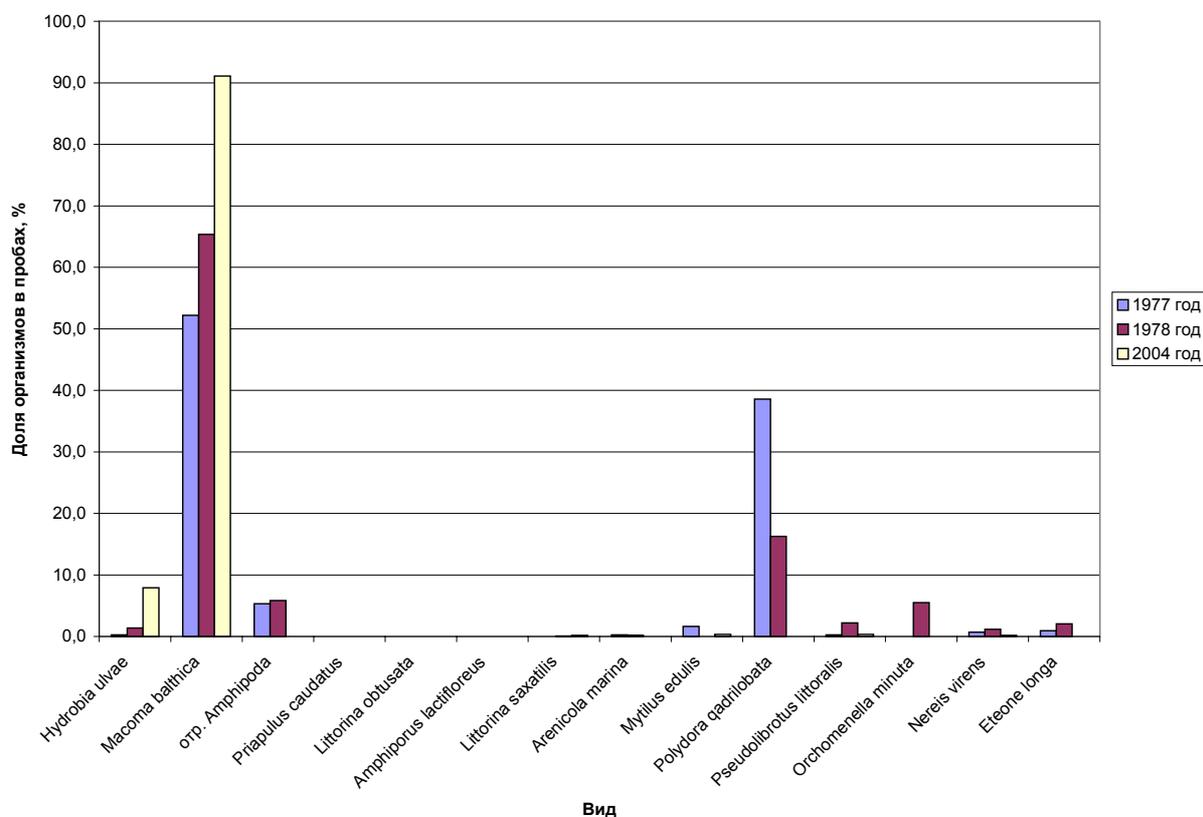


Рис. 4. Доля сопутствующей фауны в пробах о. Ряжков за 1977, 1978 и 2004 гг.

Литература

- Бабков А.И., Голиков А.Н. 1984. Гидробиокмлексы Белого моря, Л.: АН СССР. 34 с.
- Бергер В.Я. 1986. Адаптации морских моллюсков к изменениям солености среды. Л.: Наука. 129 с.
- Бескупская Т.И. 1963. Питание некоторых массовых литоральных беспозвоночных Белого моря // Труды Кандалякшского государственного заповедника, выпуск IV, Труды беломорской биологической станции московского государственного университета, том II, под ред. Свешникова В.А. 146 с.
- Герасимова А.В., Максимович Н.В. 2000. Анализ долговременных изменений структурных характеристик в поселениях двустворчатых моллюсков (Белое море) // Вестник Санкт-петербургского ун-та. Сер. 3. Вып. 2 (№11). С. 24-27.
- Жигарев Л.А. 1967. Причины и механизм развития солифлюкции, М.
- Каплина Т.Н. 1965. Криогенные склоновые процессы, М.
- Максимович Н.В. 1980. Особенности экологии некоторых массовых двустворчатых моллюсков Белого моря // Автореферат кандидатской диссертации, Л.
- Русанова М.Н. 1963. Краткие сведения по биологии некоторых массовых видов беспозвоночных района мыса Картеш // Материалы по комплексному изучению Белого моря. Вып.2. С. 53-65.
- Свешников В.А. 1963. Биоценотические связи и условия существования некоторых кормовых беспозвоночных инфавны литорали Кандалякшского залива Белого моря // Труды Кандалякшского государственного

го заповедника, выпуск IV, Труды беломорской биологической станции московского государственного университета, том II, под ред. Свешникова В.А. С. 125-130.

Удалов А.А. 2000. Роль личинок и молоди беспозвоночных в формировании макробентоса илисто-песчаной литорали Белого моря. // Автореферат кандидатской диссертации. М. 24 с.

Шкляревич Г.А., Щербакова И.Б. 2004. Некоторые аспекты экологии и биологии двустворчатого моллюска *Mya arenaria* на литорали Порьей губы Кандалакшского залива Белого моря // Материалы докл. VI-VII международных семинаров «Рациональное использование прибрежной зоны северных морей». Ч. 1, С. 141-142.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 333-337.

СОСТОЯНИЕ ЛИТОРАЛЬНЫХ ПОСЕЛЕНИЙ *MYTILUS EDULIS* L. В КАНДАЛАКШСКОМ ЗАЛИВЕ БЕЛОГО МОРЯ

Г.А. ШКЛЯРЕВИЧ, А.О. КЕРШИНСКИЙ

Петрозаводский государственный университет

В 1996 г. на заповедной акватории Кандалакшского залива начат долгосрочный биологический мониторинг, цель которого заключается в регистрации параметров процессов и явлений, протекающих в экосистеме. Задачами наших исследований являлось слежение за межгодовой изменчивостью основных количественных показателей массового представителя литоральных беспозвоночных *Mytilus edulis*.

Анализ многолетних изменений проективного покрытия литорального населения на трансектах всех четырех мониторинговых полигонов показал, что за период исследований происходило их зарастание фукоидами преимущественно *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum*. Степень проективного покрытия мониторинговых участков мидиевых поселений фукоидами увеличивалась по направлению от Турьего мыса к о. Оленьему. С этим связана тенденция к уменьшению плотности и биомассы *Mytilus edulis*, которая прослеживается в трех мониторинговых точках – на Турьем мысу, в Порьей губе и на о. Ряшкове.

G.A. Shklyarevich & A.O. Kershinsky. Condition of littoral settlements of *Mytilus edulis* L. in Kandalaksha bay of the White Sea // 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. 333-337.

For the monitoring of long-term changes in the projective covering of *Mytilus edulis* four plots (size 1×10 m) were chosen in Kandalaksha bay: Turij cape, Porya bay, Ryashkov and Oleny island. Analysis of obtained data has shown that mollusk communities become overgrown with seaweeds, mainly *Fucus vesiculosus* and *Ascophyllum nodosum*. It leads to reduction of density and biomass of *Mytilus edulis* as was observed on three monitoring plots – in Turij cape, Porya bay, and Ryashkov island.

Биология и экология мидии *Mytilus edulis* L., обитающей в Белом море, изучены глубоко и довольно подробно. И, тем не менее, она продолжает привлекать внимание исследователей. Этот двустворчатый моллюск играет большую роль в экосистеме моря как один из наиболее распространенных мелководных бентосных организмов и является важнейшим звеном в ее трофической составляющей.

Белое море является местообитанием многих видов морских и околоводных птиц. Общее число гнездящихся в шхерной мелководной его части в последние десятилетия составляет до 110 тыс. особей (Бианки и др., 1995). Многие виды птиц питаются преимущественно морскими беспозвоночными, так у обыкновенной гаги, массовой колониально гнездящейся утки, они составляют более 90 % корма и предпочитаемыми кормовым объектом являются моллюски. Поставленные в Кандалакшском заповеднике эксперименты на содержавшихся в вольере гагах показали, что летом взрослая птица должна потреблять в среднем около 3,5 кг мидий в сутки (Бианки и др., 1975). Для питания популяции гаг, организующей 7 тыс. гнезд, требовалось 25% от всех запасов мидий в районе гнездования в 1984 г. (Луканин, Ошурков, 1984). Из этой приблизительной оценки степени участия мидии в энергетическом балансе Белого моря становится понятным, сколь велика роль этого моллюска.

Экосистема охраняемой акватории Кандалакшского заповедника является эталоном и потенциальным репродуктивным резерватом морских беспозвоночных животных для всего Кандалакшского залива (Шкляревич, 1998). Это относится к гидробионтам в том числе и к *Mytilus edulis*, имеющим пелагическую фазу в своем развитии, если иметь ввиду возможность поэтапного расселения на довольно значительные расстояния.

В 1996 г. на заповедной акватории Кандалакшского залива начат долгосрочный биологический мониторинг, цель которого заключается в регистрации параметров процессов и явлений, протекающих в экосистеме. Задачами наших исследований являлось слежение за межгодовой изменчивостью биоэнергетически значимых показателей массового представителя литоральных беспозвоночных *Mytilus edulis*.

Материалы и методы исследований

В 1966 и 1967 гг. была начата разработка системы контроля за межгодовой изменчивостью количественных характеристик ряда видов массовых мелководных беспозвоночных. На литорали нижнего горизонта были выбраны полигоны для многолетних мониторинговых исследований в 4 точках заповедной акватории Кандалакшского залива: Турий мыс, Порья губа, о. Ряшков и о. Олений (Рис. 1).



Рис. 1. Карта-схема расположения мест исследований *Mytilus edulis* d 1998-2004 гг.

Полигоны на которых проводились работы по мидии представляли собой практически одинаковые плоские обсушки, населенные в 1966 и 1967 гг. сплошными мидиевыми поселениями; участки для многолетних работ размером от 100 до 200 м² отмечались кольщиками или делались заметки на камнях. Пробы собирались ежегодно в июле-сентябре в пятикратной повторности металлическим цилиндром площадью 0,01 м². Мидии взвешивались вместе с раковинной после обсушивания на фильтровальной бумаге на аптекарских и торсионных весах с точностью до 1 мг. Данные о сроках и количестве собранного материала приведены в таблице 1.

В 1998, 1999 и 2004 гг. на участках полигонов с мидиевыми поселениями дополнительно к сбору количественных проб было проведено определение проективного покрытия на трансектах, каждая из которых имела размеры 1 x 10 м.

Степень антропогенного влияния на бентосные сообщества мониторинговых полигонов неодинакова, а именно Турий мыс и Порью губу можно считать относительно чистыми районами. По мере приближения к кутовой части залива и особенно к г. Кандалакше антропогенный пресс усиливается по направлению от о. Рязжкова к о. Оленьему. Констатация этих фактов основана на биохимических анализах кальцийактивируемых протеолитических

ферментов (кальпаинов) и липидного состава амфипод, собранных на наших мониторинговых полигонах (Бондарева и др., 2002; Богдан и др., 2003).

Результаты и обсуждение.

Анализ межгодовых различий проективного покрытия литорального населения на трансекте Турьего мыса показал, что здесь наибольшее влияние на состояние поселения мидий оказывает ледовый режим в зимне-весенний период. Лед перемещает каменистые фракции грунта каждый год, и это явление влечет за собой гибель мидиевых щеток, располагающихся вокруг камней и на части их поверхности. Каждый год в начале июня поселение *Mytilus edulis* выглядит мозаично с довольно большим количеством пятен незаселенного гидробионтами (за исключением постоянно перемещающихся амфипод и литторин). Это места расположения унесенных льдом каменистых фракций грунта. К августу эти «пустые» места заселяются молодыми мидиями. Таким образом, поселение *Mytilus edulis* на полигоне Турьего мыса за период исследований было всегда обновляющимся. В 2003 и 2004 гг. здесь наблюдалось небольшое количество звезд *Asterias rubens*, питающихся мидиями. Хищничество птиц здесь наблюдается, но оно минимально из-за невысокой их численности.

Таблица 1. Данные о сроках, местах сбора и количестве собранного материала

Год	Район исследования	Количество проб	Количество обработанных особей
1998-2004	Турий мыс	35	7817
1998-2004	Губа Восточная Порья	35	5218
1998-2004	о. Рязжков	35	5551
1999-2004	о. Олений	25	807
Итоговые данные		130	19393

Анализ межгодовых различий проективного покрытия гидробионтов на трансекте Порьей губы показал, что здесь отрицательное воздействие льда значительно меньше сказывается на состоянии поселения *Mytilus edulis*. Интенсивная элиминация мидий на этом полигоне происходит за счет хищничества птиц (кулики, чайки, гаги) и звезд. В 2003 и 2004 гг. *Asterias rubens* в больших количествах (до 22 экз/м²) активно питались мидиями на литорали в районе мониторингового полигона. (Рис. 2).

Анализ межгодовых различий проективного покрытия на трансекте о. Ряшкова показал, что здесь интенсивная элиминация этих двустворчатых моллюсков происходит за счет хищничества большого по численности и количеству видов птиц и звезд, а отрицательное воздействие льда несущественно - почти так же, как в Порьей губе. Может

быть, поэтому картина многолетних изменений биомассы *Mytilus edulis* в этих двух точках в общих чертах схожа.

Анализ межгодовых различий проективного покрытия на трансекте о. Оленьего показал, что регулярная интенсивная элиминация этих двустворчатых моллюсков происходила также за счет хищничества птиц и звезд *Asterias rubens*. Отрицательное воздействие льда несущественно. Но на это мидиевое поселение губительно действует эпизодически довольно сильное весеннее распреснение морской воды. В 1999 г. мидиевое поселение на полигоне о. Оленьего было обследовано впервые. Плотность этих моллюсков здесь была почти 14 тыс. экз/м² и биомасса – 8 кг/м². В 2000 г. наблюдалась массовая гибель мидий из-за резкого (менее 3-5‰) и продолжительного (в течение примерно 2 месяцев) опреснения,



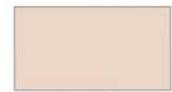
Камни



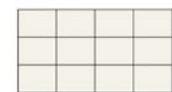
Литоральные
лужи



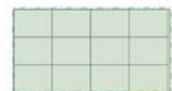
Фукоиды



Незаселённые
мидиями
участки грунта



Мидии



Мидии на дне
литоральных луж

Рис. 2. Многолетние изменения проективного покрытия литорального населения на трансектах мониторинговых полигонов Турьева мыса и Восточной Порьей губы в 1998 и 2004 гг.

опреснения, причиной которого стал массивированный холостой сброс воды из водохранилища (оз. Имандра) Нивских ГЭС по реке Нива. С 2000 по 2003 гг. происходило постепенное восстановление поселения мидий; их плотность возросла с 200 до 1080 экз/м², а биомасса – с 75 до 500 г/м², но в этом году все мидии вновь погибли и участок мониторинга для наблюдений за мидиями полностью покрыт фукоидами (Рис. 3).

Таким образом, анализ многолетних изменений проективного покрытия литорального населения на трансектах всех четырех мониторинговых полиго-

нов показал, что за период исследований происходило их зарастание фукоидами преимущественно *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum*. Степень проективного покрытия мониторинговых участков мидиевых поселений фукоидами увеличивалась по направлению от Турьего мыса к о. Оленьему.

Прямо или обратно с этим связана тенденция к уменьшению плотности и биомассы *Mytilus edulis*, которая прослеживается в трех мониторинговых точках – на Турьем мысу, в Порьей губе и на о. Ряшкове (Рис. 4).



Рис. 3. Многолетние изменения проективного покрытия литорального населения на трансектах мониторинговых полигонов острова Ряшкова и острова Оленьего в 1999 и 2004 гг.

Итак, наши 7-летние работы еще не позволяют сделать каких-либо детальных описаний многолетней динамики количественных характеристик *Mytilus edulis*, тем более, что обработка, анализ и осмысление собранных материалов в настоящее время находятся на начальном этапе. Однако, очень важно,

что биологическому мониторингу массовых видов беспозвоночных положено начало в акватории Кандалакшского заповедника. Суть и цель охраны заповедной части экосистемы заключается в слежении за параметрами процессов и явлений, наблюдаемыми в экосистеме и сохранении ее как эталона.

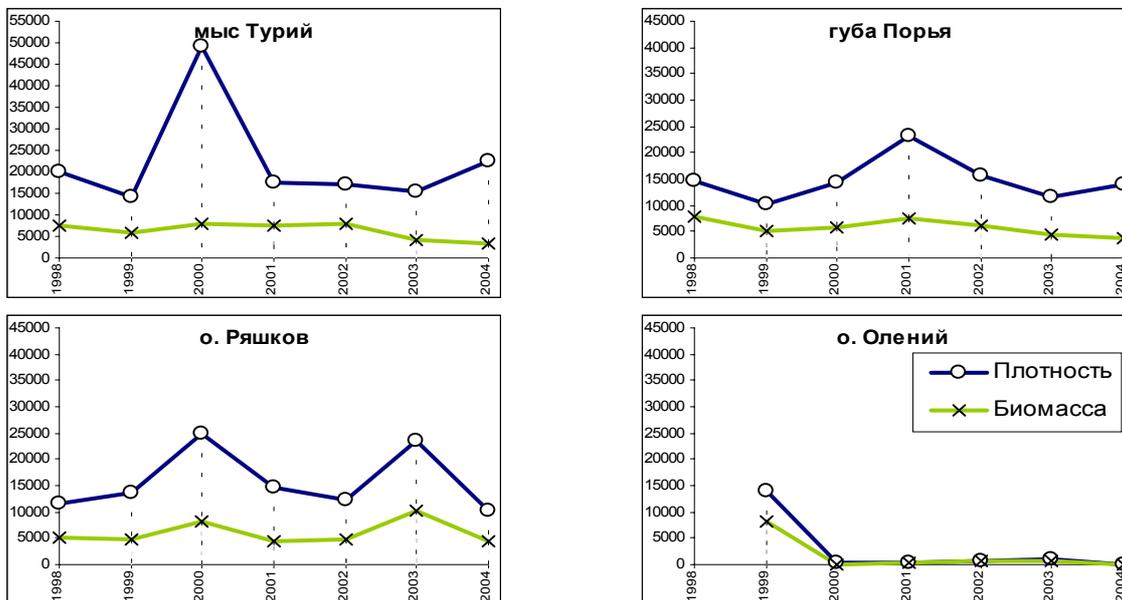


Рис. 4. Средние плотность (экз/м²) и биомасса (г/м²) *Mytilus edulis* на полигонах мониторинга в Кандалакшском заливе в 1996-2004 гг.

Литература

- Бианки В.В., Карпович В.Н., Пилипас Н.И., Татаринкова И.П. 1975. О суточной потребности в пище некоторых морских птиц Севера // Тр. Кандалакшского гос. заповедника. Мурманск, вып. 9. С. 100-128.
- Бианки В.В., Бойко Н.С., Шутова Е.В. 1995. Питание птиц и его роль в экосистемах моря // Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. СПб. Ч. 2. С. 153-179.
- Луканин В.В., Ошурков В.В. 1984. О связи запасов и распределения мидий с численностью и распределением гаги в Кандалакшском заливе Белого моря // В кн. Проблемы охраны природы в бассейне Белого моря. Мурманск. С. 107-113.
- Шкляревич Г.А. 1998. О роли морских мелководий Кандалакшского заповедника в Белом море // Тез. докл.

- юбилейной научной конференции, посвященной 60-летию Беломорской биологической станции им. Н.А.Перцова МГУ им. Ломоносова. Москва. С.91-92.
- Бондарева Л.А., Кяйвярайнен Е.И., Немова Н.Н., Шкляревич Г.А. 2002. Кальцийактивируемые протеолитические ферменты (кальпаины) у амфипод (Gammaridae) // Тез. Докл. V Симпозиум «Химия протеолитических ферментов», Москва. С. 53.
- Богдан В.В., Руоколайнен Т.Р., Шкляревич Г.А. 2003. Влияние антропогенного воздействия на липидный состав амфипод Белого моря // Тез. Докл. Международной конференции «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов европейского севера». Сыктывкар. С. 14.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 338-342.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОЛОВОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ *AMPHIPODA* НА ЛИТОРАЛИ КОРДОНА ЛУВЕНЬГА КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

Е.М. ЩЕРБАКОВ

Петрозаводский государственный университет

Исследования выявили некоторые особенности вертикального распределения видов амфипод на литорали. Получены новые данные о размерно-весовых характеристиках и половой структуре популяций бокоплавов этого района.

E.M. Scherbakov. Particular features of distribution and sexual structure of *Amphipoda* populations on the littoral of cordon Luvenga in Kandalaksha Bay of the White Sea // 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. 338-342.

Conducted research has revealed some particular features of vertical distribution of *Amphipoda* species on the littoral. The new data on dimensional and weight characteristics and sexual structure of *Amphipoda* populations in this area are obtained.

Материалы и методика

Материалами для данной работы послужили сборы массовых видов бокоплавов в июле-августе 2003 г. на литорали Кандалакшского государственного природного заповедника в районе поселка Лувеньга.

Использовался метод ручного сбора проб живых организмов с последующим определением в полевых и лабораторных условиях (фиксированный материал). Для выявления вертикального распределения гаммарид брались качественные пробы с трех горизонтов литорали: верхнего, среднего и нижнего. Литораль делилась на горизонты по времени осушения этих зон. Нижняя литораль – 0–4 часа; средняя – 4–8 часов; верхняя – 8–12 часов. Всего было собрано шесть проб с двух участков литорали на каждом из трех горизонтов.

Все измерения и определения проводились на материале, фиксированном в 4% растворе формалина. Определялся вид каждого гаммаруса (Цветкова, 1975), масса, измерялась длина тела (от переднего края головы до основания тельсона), определялся пол, подсчитывалась плодовитость и измерялась икра.

Идентификация проводилась в лаборатории на кафедре зоологии и экологии Петрозаводского государственного университета.

Общее количество обработанных бокоплавов составило более 250 особей (6 проб).

Цель и задачи исследования

Целью данной работы является выявление структуры фауны и качественного распределения массовых видов прибрежных гаммарид на литорали Лувеньги.

В рамках поставленной цели решались следующие задачи: выяснение закономерностей вертикального распределения видов амфипод на литорали; сравнение размерно-весовых характеристик полученных нами с литературными данными; определение плодовитости и половой структуры популяций амфипод и зависимости ее от внешних факторов.

Описание района исследований

Кордон Лувеньга находится в ктовой части Кандалакшского залива Белого моря. Исследуемый берег прикрыт от мористой части группой небольших островов. Примерно в 300 м. от мест взятия проб находится эстуарий реки Нижняя Лувеньга, что обеспечивает значительное распреснение прибрежных вод. Приливно-отливная зона характеризуется довольно большой протяженностью (около 300 м). На литорали преобладают илесто-песчаные грунты. Встречается множество зарослей фукоидов и зостеры.

Сравнение размерно-весовых характеристик с литературными данными

Gammarus oceanicus Segerstråle, 1947. Бореальный широко распространенный атлантический вид. Населяет прибрежные участки моря от верхних горизонтов литораль до глубин 50 метров. В пределах литорали и верхней сублиторали – наиболее массовый их всех видов *Gammarus*. Максимальные размеры тела особей *Gammarus oceanicus* в центральной части Белого моря по данным В.Ф. Брызгина (1964) для самок составляют 22 мм, для самцов 35 мм (Цветкова, 1975). Максимальные размеры самок в пробах 2003 г. составляли 23 мм, самцов – 26,2 мм.

Gammarus zaddachi Sexton, 1912, sensu Spooner, 1947. Бореальный, широко распространенный прибрежный вид, обитающий, главным образом, на литорали и верхней сублиторали. В отличие от *Gammarus duebeni*, избегает илистых участков со стоячей водой, поселяясь в местах с каменистым дном и достаточным количеством детрита (Цветкова, 1975). По данным Цветковой (1975) максимальная длина тела самцов *Gammarus zaddachi* в Белом море достигает 18 мм, длина тела самок в пределах ареала приблизительно одинакова и достигает 15-16 мм. В пробах 2003 г. максимальная длина самцов составляла 22,5 мм, самок – 21,5 мм.

Gammarus duebeni Lilljeborg, 1861. Широко распространенный бореальный арктический вид. Обладает чрезвычайно большим экологическим и физиологическим потенциалом, выдерживая широкий диапазон колебаний температуры, солености и кислородного режима. Населяет, главным образом, супралитораль и литораль защищенных бухт до глубины 0,5–1 м с грунтами различных типов – каменистые, песчаные и илистые, нередко с большой примесью гниющих растительных остатков и запахом H₂S (Цветкова, 1975).

Наибольшая длина тела самцов *Gammarus duebeni* в Белом море по данным Цветковой (1975)

составляла 21 мм. В пробах 2003 г. не были обнаружены самки, максимальная длина самцов составляла 16,8 мм.

Acanthogammarus loricatus Sabine. Арктический, мелководный и солоноватоводный вид. Заселяет краевые моря Арктического бассейна, в устьях рек на глубине до 7 м. Обитает на илисто-песчаном грунте с зарослями *Fucus* и *Zostera marina* (Булычева, 1957). Длина особей до 43-58 мм. (Гаевская, 1948). Нами было обнаружено лишь четыре экземпляра данного вида, максимальная длина тела составляла 17,9 мм.

Pseudolibrotus littoralis Knöyer. Является прибрежным мелководным видом, заселяет преимущественно распресненные районы, заходит в устья рек. Во время отлива зарывается в песок или плавает в лужах. Имеет беловатую окраску, красные глаза. Длина самок достигает 13-18 мм (Гаевская-ред., 1948). Длина самок, собранных нами, составляла 12,1 мм, длина самцов - 12,6 мм.

По собранным данным по массе и длине тела для каждого вида были вычислены значения средних с ошибкой, результаты представлены в таблице 1.

Для *G. oceanicus* была построена диаграмма (Рис. 1), описывающая зависимость длины тела и массы.

Таблица 1. Средняя длина тела и масса гаммарусов

Вид	Средняя длина тела, М±m, мм	Средняя масса, М±m, мг
<i>Gammarus duebeni</i>	14,83±0,42	60,56±4,58
<i>Pseudolibrotus littoralis</i>	11,08±0,25	49,24±2,42
<i>Acanthogammarus loricatus</i>	15,50±1,71	98,25±30,74
<i>Gammarus oceanicus</i>	16,05±0,23	90,08±3,55
<i>Gammarus zaddachi</i>	16,70±0,86	103,35±11,45

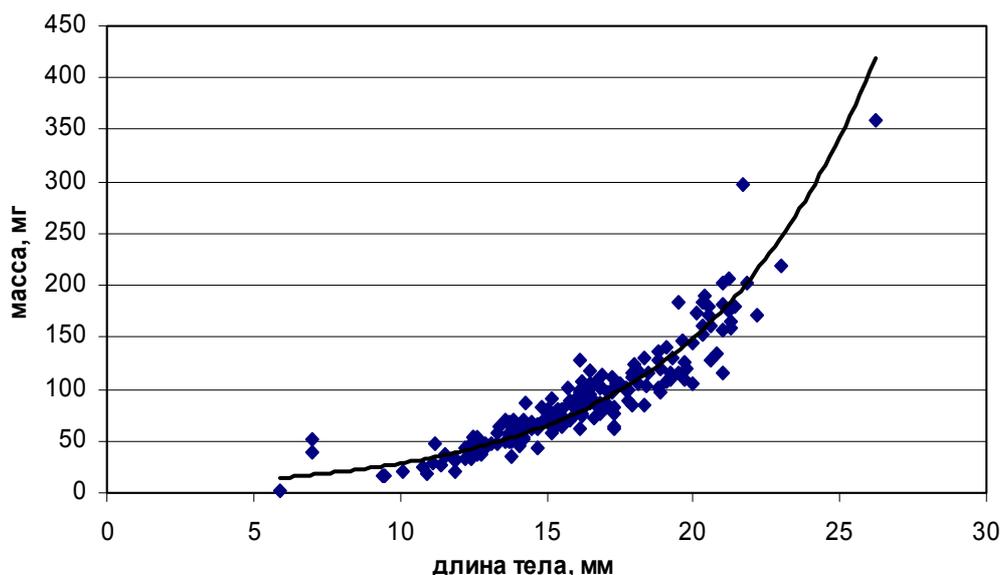


Рис. 1. Длина тела и масса *G. oceanicus*

Таким образом, получены новые данные по размерно-весовым характеристикам наиболее массовых видов, населяющих литораль кордона Лувеньга. В настоящий момент практически нет литературных данных о характеристиках видов литоральных бокоплавов этого района. Полученные нами данные будут положены в начало исследований этой части Кандалакшского залива, станут отправным пунктом многолетних исследований.

Распределение видов по горизонтам литорали

Одним из основных факторов, влияющих на распределение гидробионтов на литорали, является время осушения. Для получения картины вертикального распределения гаммарид по литорали вычислялась доля каждого вида на трех горизонтах литорали

(в процентах от общего числа гаммарусов). Полученные данные представлены на рисунках 2, 3, 4.

Из диаграмм видно, что на литорали Лувеньги преобладает вид *Gammarus oceanicus*, его доля составляет 75% от всех видов, населяющих приливно-отливную зону. Кроме того, на среднем горизонте доля этого вида составляет 100%.

На нижнем горизонте литорали во время отлива, в грунте было обнаружено довольно много *Ps. littoralis*. По всей видимости, это объясняется тем, что грунт здесь более пригоден для обитания данного вида. Нижний горизонт менее заилен, чем средний и верхний, там преобладает мелкий песок. Такое распределение *Ps. littoralis* также связано с меньшим временем осушения нижней литорали и соответственно большим количеством времени для активного плавания и питания.

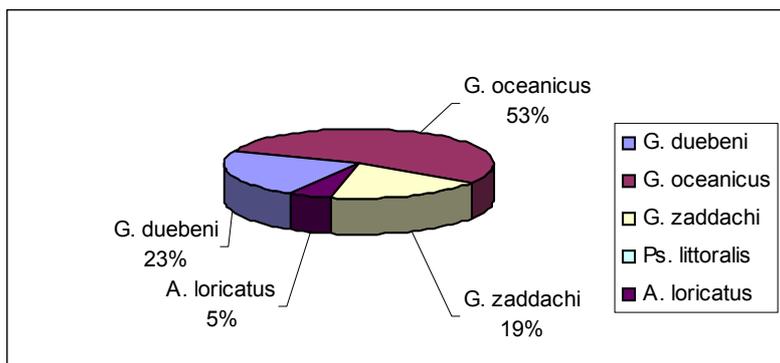


Рис. 2. Доля видов бокоплавов на верхнем горизонте литорали

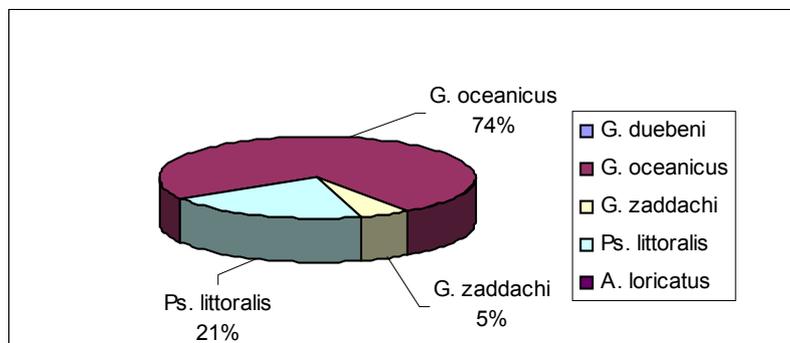


Рис. 3. Доля видов бокоплавов на нижнем горизонте литорали

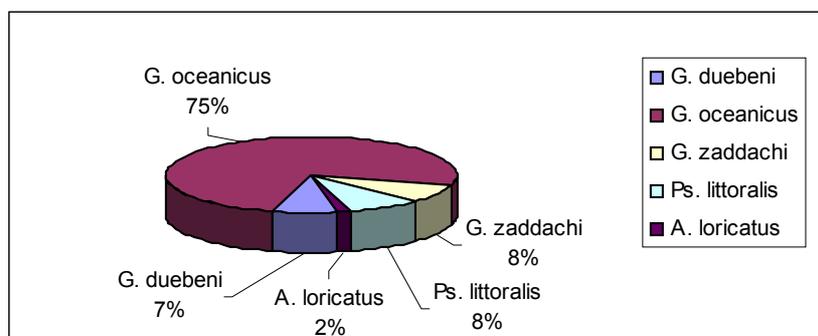


Рис. 4. Соотношение видов бокоплавов по всем горизонтам литорали

Верхний горизонт литорали, напротив, характеризуется наличием илистых грунтов, длительным временем осушения, недостатком кислорода, некоторой «заморностью». На этом горизонте были собраны *G. duebeni*, причем практически все у верхнего края горизонта, где время осушения максимально и составляет 10-12 часов. Такие условия пригодны для обитания именно этого вида, которому свойственна эврибионтность в достаточно широких пределах колебаний солености, температуры и кислорода (Цветкова, 1975). Интересен тот факт, что на верхнем горизонте было обнаружено значительное количество *G. zaddachi* (19%) - вид, предпочитающий места обитания с хорошей аэрацией, чистой водой, и каменистым грунтом (Цветкова, 1975). Это объясняется тем, что исследуемая литораль уникальна и очень сложна по своей топографии - этот вид был найден в месте впадения ручейка на небольшом участке каменистого грунта, где и обеспечивались подходящие условия.

Соотношение полов и плодовитость

Для *G. duebeni* и *G. oceanicus* характерно три генерации в течение года (Бек, 1977). Т.А. Бек, ссылаясь на О. Кинне (Kinne, 1953), указывает, что на определение пола влияет температура в момент начального периода эмбриогенеза. При низких температурах в приплоте преобладают самцы, при повышении температуры – самки. В результате может быть представлена такая схема: в период первого приплота в мае месяце, когда вода еще недостаточно прогрета, преобладают самцы, в период второго приплота в июле с летним повышением температуры преобладают самки, половая структура третьего приплота гаммарид, который выходит в начале августа, зависит от прогрева водной толщи в каждый конкретный год (Бек, 1977).

Для выяснения половой структуры популяции гаммарусов на литорали Лувеньга было подсчитано процентное соотношение полов для каждого вида. Данные представлены в таблице 2, в которую также включены сведения по средней плодовитости и размеру икры для вида *G. oceanicus*, как наиболее массового вида на литорали кордона Лувеньга.

Известно, что трофические условия водоема влияют на плодовитость ракообразных, они могут регулировать количество яиц в кладке в пределах изменений, характерных для каждого вида животных. А.М. Гиляров (1982) (по Хмелевой, 1988) относит обеспеченность пищей к основным факторам регуляции численности популяций ракообразных и указывает при этом на тесную связь плодовитости с количеством доступного корма.

До 1990-х годов в поселке Лувеньга существовала молочная ферма, которая обеспечивала продукцией г. Кандалакшу и близлежащие населенные пункты. С существованием этой фермы был связан значительный сток органических веществ на литораль. В результате чрезмерного поступления биогенных элементов антропогенного происхождения в воды Белого моря в районе поселка Лувеньга (Буряков, Наумов, 1991, Наумов, Федяков, 1993) происходила эвтрофикация прибрежных вод. Повышение первичной продукции водоема привело к увеличению кормовой базы для гидробионтов и способствовало повышению их численности. В начале 1990-х годов, ферма была ликвидирована и сток органики в Белое море существенно снизился.

Плодовитость собранных нами самок *G. oceanicus* ниже, чем по литературным данным (Цветкова, 1975). Это может быть следствием резко снизившейся кормовой базы этого вида из-за прекратившегося стока органики на литораль.

Факт, что у *G. duebeni* доля самцов составляет 100% на наш взгляд так же связан с трофическими условиями. Повышение трофности водоема было особенно выгодно такому виду как *G. duebeni*. После того, как это влияние снизилось, популяция этих гаммарусов была вынуждена сократить свою численность. Возможно, смещение баланса в соотношении полов является одним из способов регуляции численности популяции этого вида.

Наблюдаемое нами соотношение полов у гаммарусов возможно является следствием регуляции численности их популяции посредством снижения численности самок и плодовитости.

Что касается *G. zaddachi*, то у этого вида в соотношении полов 70% составляют самки. Возможно,

Таблица 2. Соотношение полов исследованных видов бокоплавов

Вид	Общее количество особей в пробках		Самки			Самцы	
	Кол-во экз.	%	Средняя плодовитость, %	Средний размер икры, %	Кол-во экз.	%	
<i>Gammarus duebeni</i>	38	-	0	—*	38	100	
<i>Pseudolibrotus littoralis</i>	21	9	42,9	—	12	57,1	
<i>Acanthogammarus loricatus</i>	4	4	100	—	0	0	
<i>Gammarus oceanicus</i>	194	94	48,5	21,8±3,4	0,50±0,03	100	51,5
<i>Gammarus zaddachi</i>	20	14	70	—	6	30	

* - недостаточно репрезентативная.

это объясняется тем, что для данного вида эвтрофирование было не выгодно в силу того, что вид предпочитает места обитания с чистой водой, хорошей аэрацией, невысоким содержанием биогенных элементов. Однако выборка по виду *G. zaddachi* достаточно мала, поэтому нельзя с достоверностью делать какие-либо выводы, хотя на наш взгляд подобная тенденция прослеживается.

Литература

- Бек Т.А. 1977. Биология литоральных гаммарусов *Gammarus (Lagunogammarus) oceanicus* Segerstråle, *Gammarus (Rivulogammarus) duebeni* Lilljeborg и *inogammarus obtusatus* Dahl Белого моря. // Автореферат кандидатской диссертации, М.
- Булычева А.И. 1957. Фауна *Amphipoda* Белого моря // Материалы по комплексному изучению Белого моря, М.-Л.: Академия наук СССР.
- Буряков В.Ю., Наумов А.Д. 1991. Антропогенная катастрофа или редкое природное явление // Природа, №6.
- Наумов А.Д., Федяков В.В. 1993. Вечно живое Белое море, СПб.
- Определитель фауны и флоры северных морей СССР, под ред. Гаевской Н.С. 1948. М: Советская наука.
- Хмелева Н.Н. 1988. Закономерности размножения ракообразных, Минск: Наука и техника.
- Цветкова Н.Л. 1975. Прибрежные гаммариды северных и дальневосточных морей СССР и сопредельных вод. Л.: Наука.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 343-348.

ПРЕСНОВОДНЫЙ ЛОСОСЬ (*SALMO SALAR M. SEBAGO GIRARD*) РЕКИ ПИСТА БАССЕЙНА БЕЛОГО МОРЯ

И.Л. ЩУРОВ¹, Р.В. ГАЙДА¹, Б.С. ШУЛЬМАН², В.А. ШИРОКОВ¹

¹ Северный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства Петрозаводского государственного университета, Петрозаводск

² Институт биологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск

В 2000-2002 гг. исследована уникальная природная популяция пресноводного атлантического лосося реки Писта – самого мелкого из проходных лососей на территории Карелии. Впервые получены данные о биологии и паразитологии молоди. Одним из механизмов поддержания численности, по видимому, является наличие локальных популяций в озерах в системе реки. Выявлено наличие опасного паразита молоди лосося – *Gyrodactylus salaris*, ранее здесь не отмеченного и занесенного, вероятнее всего, в результате необоснованных выпусков «чужой» молоди в реку Писта с территории Финляндии.

I.L. Schurov, R.V. Gaida, B.S. Shulman, V.A. Shirokov. Landlocked salmon (*Salmo salar m. Sebago Girard*) of the Pista River (the White Sea basin) // 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. 343-348.

Native population of landlocked salmon of the Pista River was investigated in 2000-2002. Adult salmon in Pista River has smallest size among other populations of landlocked salmon in Karelia. Data on biology and parasite fauna of young salmon are presented. It is suggested that there are some local populations of landlocked salmon in lakes of the river system. Parasite *Gyrodactylus salaris* was found on salmon parr for the first time as it had never been recorded previously. *G. salaris* is believed to have been introduced via stocking from Finland.

На территории республики Карелия сосредоточено большинство известных популяций пресноводного атлантического лосося. Наиболее изученными на сегодняшний момент являются популяции лосося крупных нагульных водоемов – Онежского и Ладожского озер. О северных популяциях пресноводного лосося (озера Куйто, Каменное) имеются лишь незначительные, зачастую устаревшие и противоречивые сведения (Слободчиков, Шапошникова, 1933; Новиков, 1933, 1959; Заболоцкий, 1959; Смирнов, 1965).

Озера Куйто (Верхнее, Среднее и Нижнее) относятся к системе реки Кемь и бассейну Белого моря. Для нереста лосось заходит в реки Писту, Куржму, Войницу (притоки Верхнего Куйто). Ю.А. Смирнов (1979) в список нерестовых включает также реки Ливу (приток Верхнего Куйто), Кенту и Ухту (притоки Среднего Куйто). Наибольшую ценность в воспроизводстве запасов пресноводного лосося имеет река Писта.

Целью исследований было сбор данных о размерно-возрастном, половом составе и численности молоди лосося реки Писта. Для сравнения размерно-возрастных параметров отловлена молодь из реки Куржма.

Сведения о паразитофауне молоди пресноводного лосося водоемов Карелии немногочисленны. Имеется лишь несколько работ, где приводятся данные о паразитах молоди лосося притоков Онежского

озера (Пермяков, 1980; Пермяков, Румянцев, 1984; Румянцев, 1996; Иешко и др., 1998). Проведенные Р.П. Малаховой (1976) паразитологические исследования в реке Писта не коснулись молоди лосося. Поэтому одной из целей нашего исследования являлось оценить эпизоотическое состояние молоди данного водоема.

Материал и методика

Исследования рек проводилось в июле-августе в 2001 и 2002 гг. Молодь лосося отлавливали электроловом, измеряли по стандартной методике (Правдин, 1966).

Река Писта берет начало на территории Финляндии. Протяженность ее составляет 110 км. Площадь водосбора – 3190 км². Общее падение – 150 м. Средний многолетний расход воды – 9.03 м³/с.

Река Куржма берет начало из озера Куржма. Протяженность реки составляет 31 км. Площадь водосбора – 431 км². Общее падение – 106 м. Средний многолетний расход воды – 4.77 м³/с.

Паразитологический материал собран в августе 2002 г. Методом полного паразитологического вскрытия исследовано 15 экземпляров рыб. Для выявления опасного паразита лососевых рыб *Gyrodactylus salaris* проведено дополнительное вскрытие 32 экземпляров молоди. Сбор, фиксация и камеральная обработка материала выполнены по общепринятой методике (Быховская-Павловская,

1985). В таблице приведены данные по экстенсивности заражения, минимальному и максимальному количеству паразитов на одну рыбу и средней интенсивности заражения во всей выборке (индекс обилия).

Результаты

Возрастная характеристика молоди. В период проведения исследований в реке Писта отмечена молодь в возрасте от 0+ (сеголетки) до 3+ (четырёхлетки). В разные годы соотношение возрастных групп различалось (Рис. 1).

В реке Куржма отмечена молодь только в возрасте 1+ (двухлетки) и 2+ (трехлетки). Соотношение возрастных групп представлено на рис. 2.

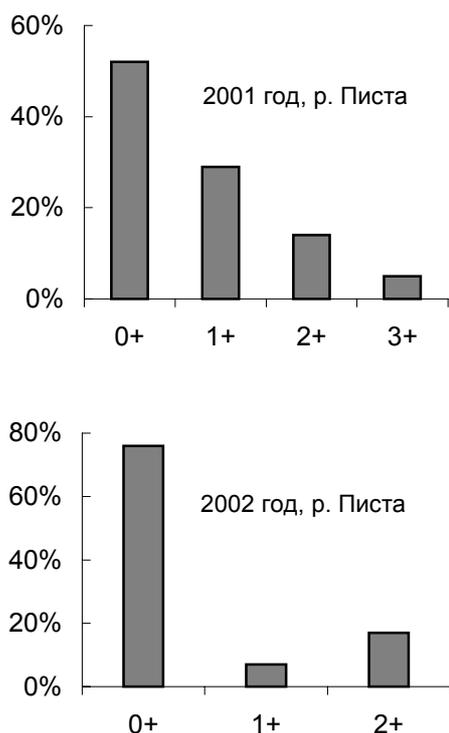


Рис. 1. Соотношение возрастных групп молоди лосося из реки Писта в разные годы

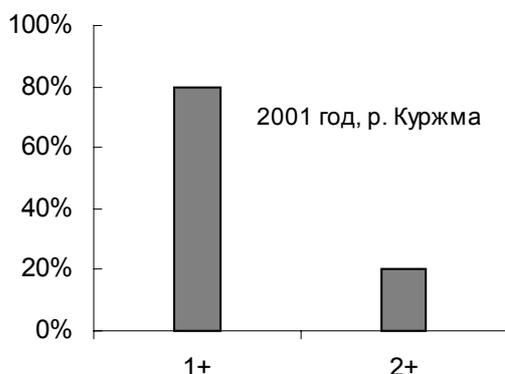


Рис. 2. Соотношение возрастных групп молоди лосося из реки Куржма в 2001 г.

Отсутствие в выборке из реки Куржмы молоди в возрасте 0+, по-видимому объясняется крайне нестабильными условиями воспроизводства и особенностями гидрологии этого притока (низкая озерность приводит к значительным перепадам уровня воды и температур). Крайне низкий уровень воды в сочетании с браконьерским ловом производителей в реке на протяжении двух последних лет, по-видимому, сильно повлиял на численность и выживаемость сеголетков за зиму, количество производителей и продуктивность реки в целом.

Размерно-возрастная характеристика молоди. Сеголетки лосося реки Писта значительно уступают по размерам сеголеткам лосося из рек Шуя (басс. Онежского озера) и Хийтола (басс. Ладожского озера). Но уже в возрасте 2+ молодь реки Писта достигает значительных размеров и достоверно ($p < 0.05$) превышает размерные показатели (длина АС, см) аналогичной возрастной группы молоди лосося рек Шуя и Хийтола. (Табл. 1). На наш взгляд, это объясняется различиями в гидрологии рек. Характерной особенностью реки Писта является наличие множества плесов и озер, которые разделяют сравнительно короткие порожистые участки. Наиболее крупными в русле реки являются пять озер: Корпярви, Вайкульское, Пистаярви, Хирвасъярви и Мандуярви. Известно, что пороги, расположенные ниже озер, имеют более стабильный температурный режим и более высокую кормовую базу для молоди лосося по сравнению с реками, где русло представлено в основном порогами (Смирнов и др., 1978; Шустов, 1983). По нашим наблюдениям уже в возрасте 1+ молодь лосося в реке Писта активно перемещается в верхние части порогов, где находит более благоприятные условия, что компенсирует незначительный стартовый размер сеголетков.

Размерные показатели молоди лосося реки Куржма значительно ниже показателей одновозрастной молоди реки Писта (Табл. 2). Это связано, по-видимому, с низкой кормовой базой и особенностям гидрологии реки Куржмы. В отличие от реки Писта в русле реки Куржма меньше плесовых участков и нет озер.

Половая структура. Значительная доля самцов в реке Писте созревает по типу карликовых. Доля карликовых самцов, созревающих в возрасте 1+ составляет около 25%. В возрасте 2+ уже около 80% самцов являются карликовыми. Суммарная доля карликовых самцов составляет 36% (Рис. 3).

Плотность расселения молоди. В настоящее время плотности расселения молоди на исследованных нами участках можно охарактеризовать как крайне низкие (Табл. 3). Литературных данных о плотности расселения молоди в реке Писта в прежние годы нет.

Паразитофауна молоди. Всего обнаружено 8 видов паразитов 5 систематических групп: инфузории–1, моногенеи–1, цестоды–1, трематоды–3, нематоды–2 (Табл. 4).

Таблица 1. Сравнительная размерно-возрастная характеристика молоди пресноводного лосося некоторых рек Карелии

Река, год и месяц исследования	Возрастные группы молоди			
	0+	1+	2+	
	Длина АС, см.			
Писта	2001, июль	4.31±0.06	10.31±0.47	16.00±0.71
Писта	2002, август	6.31±0.11	11.20±0.38	16.30±0.61
Шуя	2000, октябрь	7.00±0.09	10.43±0.66	13.05±0.49
Шуя	2001, октябрь	6.71±0.24	10.58±0.27	12.98±0.42
Хийтола	2001, сентябрь	6.28±0.13	10.38±0.35	---

Таблица 2. Размерно-возрастная характеристика молоди лосося реки Куржмы

	Возрастная группа	
	Река Куржма	
	1+ (n=20)	2+ (n=5)
Длина АС, см	8.47±0.19 (6.8-10.3)	12.1±0.27(11.3-12.9)
Вес, г	7.30±0.59 (3.0-13.5)	21.60±1.54 (17.0-25.0)
	Река Писта	
	1+ (n=11)	2+(n=5)
Длина АС, см	10.31±0.47(9.1-11.8)	16.0± 0.71(14.6-16.9)
Вес, г	16.3±2.5(11.0-25.0)	60.0±9.4(42.0-73.5)

Таблица 3. Плотность расселения молоди в реке Писта

Год	Плотность, экз/100 м ²		
	0+	1+	2+
2001	5.8	3.3	1.6
2002	18.3	1.6	4.4

Таблица 4. Паразитофауна молоди лосося реки Писта

Вид паразита	Экстенсивность заражения, %	Мин.-макс., экз.	Индекс обилия
<i>Capriniana piscium</i>	6.6	.	+
<i>Gyrodactylus salaris</i>	21.3	1-17	1.1
<i>Eubotrium sp.</i>	6.6	2-2	0.1
<i>Crepidostomum farionis</i>	6.6	2-2	0.1
<i>Phyllodistomum conostomum</i>	20.0	1-1	0.2
<i>Azygia lucii</i>	6.6	1-1	0.07
<i>Capillaria salvelini</i>	6.6	1-1	0.07
<i>Cystidicoloides tenuissima</i>	6.6	1-1	0.07

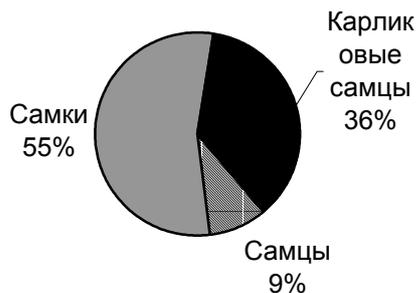


Рис. 3. Соотношение полов в популяции молоди лосося в возрасте 2+ реки Писта в 2002 г.

Как видно из таблицы, зараженность рыб всеми видами паразитов не высокая. Большинство видов (цестоды, трематоды, нематоды) имеют сложный цикл развития. Заражение молоди лосося трематодами *Crepidostomum farionis*, *Phyllodistomum conostomum* и нематодами *Capillaria salvelini* и *Cystidicoloides tenuissima* происходит при питании личинками различных насекомых и олигохетами. Низкая экстенсивность и интенсивность инвазии цестодой *Eubotrium sp.*, промежуточными хозяевами которой являются копеподы, указывает на то, что эти беспозвоночные не играют существенной роли в пищевом рационе пестряток.

Обсуждение

Исследования молоди проводятся впервые. Куйтозерский лосось является, вероятно, самым мелким из всех пресноводных лососей на территории Карелии (Смирнов, 1979), и обязан своим происхождением атлантическому лососю популяции р. Кемь (Правдин, 1937; Смирнов, 1979). По данным А.Ф. Смирнова (1965) 50% нерестовых лососей имеют 1.5 года нагула и средний вес 0.85 кг, 40% лососей проводят в озере 2.5 года и созревают при весе 1.2–1.4 кг, остальные нагуливаются в озере 4–5 лет и созревают при весе 2.5–2.8 кг. По нашим данным 50% лосося идет на нерест после двух лет нагула, 31% – после трех лет и 19% – четырех лет.

По-видимому, можно предполагать, что в бассейне р. Писта существуют локальные популяции пресноводного лосося, осуществляющие нагул в озерах, через которые протекает река, без ската в основной нагульный водоем – озера Куйто. Доказательством этому служат устные сообщения о поимках в русловых озерах лосося весом менее 1 кг. Нами также был пойман экземпляр лосося в истоке реки из Вайкульского озера. Вес его составлял 192 г., длина АВ – 26.5 см. Это была самка второй стадии зрелости в возрасте 2+0+ (24 склерита в зоне нагула). Пойманный экземпляр имел серебристую окраску и форму тела, характерную для нагульной рыбы.

Кроме этого, популяция лосося реки Писта является единственной, где наблюдается несоответствие по числу хромосомных комплексов по отношению к хромосомным комплексам, присущим популяции пресноводного лосося в целом. Было обнару-

жено одновременно три модальных класса числа хромосом в диплоидном наборе: 56, 57, 58 (Казаков, 1992). Это также может свидетельствовать в пользу предположения о существовании в реке локальных группировок лосося.

Численность нерестового стада ранее не оценивали. Косвенную оценку можно дать по уловам. По имеющимся данным (Смирнов, 1979) в 1956 году рыбаками было выловлено 64 ц. лосося. Исходя из среднего веса 2–1.5 кг, можно предполагать общую численность нерестового стада (без учета локальных группировок) на уровне 3.5–4 тыс. особей. На сегодняшний день, судя по плотности расселения молоди на НВУ, численность нерестового стада реки Писта вряд ли превышает 1000 производителей. На НВУ, где ранее были отмечены максимальные плотности молоди (Казаков, неопубл. данные), в 2002 г. ее вообще не обнаружено. Все это говорит о том, что лосось озера Куйто подвергается значительному нелегальному вылову, несмотря на занесение его в Красные Книги Карелии и Российской Федерации.

При этом необходимо учитывать следующие особенности и биологии лосося озера Куйто.

- Малые размеры производителей обуславливают низкую плодовитость самок. Поэтому, несмотря на хорошие условия роста молоди в реке, коэффициент воспроизводства куйтозерского лосося будет ниже, чем у других популяций пресноводного лосося, где самки гораздо крупнее.

- Для поддержания численности популяции на оптимальном уровне необходимо участие в нересте большого числа производителей (самок). Вполне вероятно, что локальные популяции как раз и обеспечивают этот механизм поддержания необходимого репродуктивного потенциала.

Все это делает популяцию особенно уязвимой при чрезмерно интенсивном вылове.

Эпизоотическое состояние молоди лосося в настоящее время следует охарактеризовать как благополучное. Однако, необходимо обратить внимание на находки моногении *G. salaris*. Этот паразит локализуется на плавниках и покровах хозяина, а при высокой инвазии и на жабрах. *G. salaris* обычный паразит атлантического лосося бассейна Балтийского моря. В водоемах Карелии этот паразит достоверно известен в ряде рек бассейна Онежского озера (Пермяков, 1980; Пермяков, Румянцев, 1984; Румянцев, 1996; Иешко и др., 1998; Шульман и др., 2000). Он встречается здесь в незначительных количествах и не оказывает заметного воздействия на рыбу. Однако, попав в реки, где обитает проходная семга, *G. salaris* может быть причиной ее гибели (Johnsen, Jensen, 1988, 1992; Шульман и др., 2001). Река Писта относится к бассейну реки Кемь (бассейн Белого моря), где обитает проходная семга. Поэтому, в связи с вышесказанным, при распространении (заносе) паразита в реку Кемь, он может существенно повлиять на оставшуюся здесь немногочисленную попу-

ляцию семги. Кроме того, изменение экологических условий (загрязнение водоема, рыбоводные работы и т.д.) в самой реке Писта может привести к увеличению численности *G. salaris*, что в свою очередь повлечет за собой снижение или полное исчезновение лосося в данной реке и бассейне реки Кемь в целом.

Вопрос о том, каким образом опасный паразит молодки попал в реку бассейна Белого моря остается открытым. Одним из возможных и наиболее вероятных путей проникновения можно считать выпуск молодки пресноводного лосося озера Сайма (бассейн Балтийского моря) в реку Писта с территории Финляндии. В 1997 г. рыбным хозяйством НИИ охотничьего и рыбного хозяйства Финляндии Куусамо в верховье озера реки Писта было выпущено 9907 шт. 2-годовалых озерного лосося из оз. Сайма, где *G. salaris* может обитать (Приложение №6 к протоколу 35-й сессии Совместной российско-финляндской комиссии по использованию пограничных водных систем). Необоснованные выпуски молодки непонятного происхождения проводились финскими рыбоводами и в 1993, 1995, 1996, 1998 гг. (Отчет по рыбе и диким животным, №178). Российские исследователи неоднократно высказывали опасения по поводу необоснованных выпусков молодки в «чужие» реки, что черевато нарушением структуры стад, снижением промыслового возврата и переносом опасных эпизоотических заболеваний (Артамонова и др., 2002). Основанием для выпуска молодки в «чужие» реки может служить только утрата по различным причинам собственной популяции лосося. В бассейне реки Писта и реки Кемь лосось живет, поэтому необоснованные выпуски молодки из других популяций должны быть немедленно прекращены.

Заключение

Уровень естественного воспроизводства (плотность заселения молодки) и численность нерестового стада снизились более чем в три раза по сравнению с серединой прошлого века. Основная причина – браконьерский лов производителей в реках и нагульных особей в озерах Куйто.

Показано, что молодка лосося проводит в реке от 2 до 3 лет. Значительная доля самцов созревает по типу карликовых. Соотношение полов у лосося разных возрастных групп в целом характерно для атлантического лосося Севера России. Показатели длины и массы варьируют в широких пределах и зависят от условий нагула молодки в тот или иной сезон. В целом для молодки пресноводного лосося реки Писта характерны высокие показатели темпа роста. Это связано с высокой кормностью реки и оптимальным температурным режимом за счет наличия большого числа озер и плесовых участков в русле реки.

Наши исследования показали, что паразитофауна молодки лосося в реке Писта включает в себя виды, характерные для молодки лососевых рыб. Эпизоотическое состояние молодки в настоящее время

оценивается как благополучное. Однако, наличие опасного паразита для лососевых *G. salaris* и угроза возникновения гиродактилеза требует дальнейших паразитологических исследований с целью выявления его распространения в реке и выработке мер по профилактике заболевания (гиродактилеза).

Исходя из сложившейся ситуации совершенно очевидно, что популяция пресноводного лосося реки Писта требует постоянного научного мониторинга и тщательной охраны.

Литература

- Артамонова В.С., Махров А.А., Крылова С.С., Лазарева Л.В., Прищепина Б.Ф. 2002. Выпуск молодки семги в «чужие» реки и эффективность работы рыбоводных заводов. // Вопросы рыболовства. Т.3. №3 (11). С. 463-473.
- Быховская-Павловская И.Е. 1985. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука. 131 с.
- Заболоцкий А.А. 1959. Озера Верхнее Куйто, Среднее Куйто и Нижнее Куйто // Озера Карелии. Петрозаводск. С. 525-532.
- Иешко Е.П., Щуров И.Л., Шульман Б.С., Бристов Г.А., Берланд Б. 1998. Паразиты молодки пресноводного лосося (*Salmo salar morpha sebago* Girard), обитающей в реках бассейна Онежского озера // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. (Матер. 7 Международн. конференции, сентябрь 1998 г., г. Архангельск). СПб. С. 250-251.
- Малахова Р.П. 1976. О паразитофауне рыб лососевой реки Писты (бассейн озер Куйто) // Лососевые (*Salmonidae*) Карелии. Петрозаводск. С. 122-130.
- Новиков П.И. 1959. Озера Алозеро (Алоярви) и Юлиярви // Озера Карелии. Петрозаводск. С. 533-534.
- Новиков П.И. 1933. Рыбы рыболовство на озерах Алаярви и Юлиярви. // В кн.: Рыбное хозяйство Карелии. Вып. 2. Петрозаводск. С. 48-63.
- Пермяков Е.В. 1980. Паразитофауна молодки лосося и хариуса Онежского озера // Тез. докл. 2-й респ. конф. молодых ученых Карелии по рыбохоз. исслед. внутр. водоемов. Петрозаводск. С. 60-61.
- Пермяков Е.В., Румянцев Е.А. 1984. Паразитофауна лососевых (*Salmonidae*) и сиговых (*Coregonidae*) рыб Онежского озера // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. Вып. 216. С. 112-116.
- Правдин И.Ф. 1937. Озерный лосось из бассейна р. Кеми // Учен. зап. Ленингр. ун-та. Т. 3, вып. 5. С. 207-215.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-ть. 376 с.
- Румянцев Е.А. 1996. Эволюция фауны паразитов рыб в озерах. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 188 с.
- Слободчиков Б.Я., Шапошникова Г.Х. 1933. Научно-промысловое исследование озер бассейна реки Кеми – Нижнего и Среднего Куйто. // Рыбное хозяйство Карелии. Вып. 2. Петрозаводск. С. 18-47.
- Смирнов А.Ф. 1965. Биологические и систематические особенности лосося озер Куйто // Тез. докл. 5-й сессии Учен. совета по проблеме Белого моря и внутренних водоемов Карелии. Петрозаводск. С. 29-30.
- Смирнов Ю.А. 1979. Пресноводный лосось. Л. 155 с.
- Смирнов Ю.А., Комулайнен С.Ф., Круглова А.Н., Хренников В.В., Шустов Ю.А. 1978. Лососевые нерестовые

- реки Онежского озера. Биологический режим, использование. Л., Наука. 102 с.
- Шульман Б.С., Шуров И.Л., Иешко Е.П. 2000. Сезонная динамика заражения молоди пресноводного лосося (*Salmo salar morpha sebago* Girard) паразитом *Gyrodactylus salaris* Malmberg, 1957 // Атлантический лосось (биология, охрана и воспроизводство). Петрозаводск. С. 62-63.
- Шульман Б.С., Шуров И.Л., Иешко Е.П., Широков В.А. 2001. Влияние *Gyrodactylus salaris* Malmberg, 1957 (*Monogenea: Gyrodactylidae*) на популяцию атлантического лосося (*Salmo salar*) в реке Кереть и возможные меры борьбы с ним. // Эколого-паразитологические исследования животных и растений Европейского Севера. Петрозаводск. С. 40-48.
- Шустов Ю.А. 1983. Экология молоди атлантического лосося. Петрозаводск. 152 с.
- Johnsen B.O., Jensen A.J. 1992. Infection of Atlantic salmon *Salmo salar* L., by *Gyrodactylus salaris* Malmberg, 1957, in the river Lakselva, Misvar in Northern Norway // J. of Fish Biol. Vol. 40. P. 433-444.
- Johnsen B.O., Jensen A.J. 1988. Introduction and establishment of *Gyrodactylus salaris* Malmberg, 1957, Atlantic salmon, *Salmo salar* L., fry and parr in the River Vefsna, northern Norway // J. of Fish Diseases. Vol. 11. P. 35-45.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 349-353.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДОВ НА СТАБИЛЬНОСТЬ РАЗВИТИЯ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ ИЗ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ РЕК БАССЕЙНА БЕЛОГО МОРЯ

А.О. ЮРЦЕВА¹, Д.Л. ЛАЙУС¹, В.С. АРТАМОНОВА², А.А. МАХРОВ², И.И. СТУДЕНОВ³, С.Ф. ТИТОВ⁴

¹ Санкт-Петербургский Государственный Университет

² Институт общей генетики РАН, Москва

³ Северное отделение Полярного института рыбного хозяйства и океанографии, Архангельск

⁴ Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства, Санкт-Петербург

В работе изучались флуктуирующая асимметрия (случайные отклонения от полной билатеральной симметрии, показатель стабильности развития) и изменчивость средних значений морфологических признаков в популяциях атлантического лосося *Salmo salar* L. северо-запада России. Многочисленные морфометрические и меристические остеологические признаки были проанализированы в выборках молоди из 13 популяций (восемь диких и пять заводских). На основе этого анализе можно выделить следующие группы выборок: (i) выборки из природных популяций Кольского полуострова и реки Кереть; (ii) выборки из популяций этих рек, выращенные на рыбоводных заводах и выборка из реки Шуя (бассейн Балтийского моря); (iii) выборки из природных популяций с восточной границы ареала лосося (реки Мезень и Печора). Меристические и морфометрические признаки показывали сходные результаты. Уровень флуктуирующей асимметрии был выше в выборках с рыбоводных заводов по сравнению с выборками из природных популяций по меристическим, но не по морфометрическим признакам. Это может быть объяснено менее благоприятными условиями выращивания или сниженным давлением отбора на рыбоводных заводах по сравнению с условиями в естественных местообитаниях.

A.O. Yurtseva, D.L. Laius, V.S. Artamonova, A.A. Makhrov, I.I. Studenov, S.F. Titov. Effect of hatchery environment on the stability of development of Atlantic salmon from the White Sea basin // 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. 349-353.

The study compares variation of Atlantic salmon *Salmo salar* L. stocks in northern Russia in fluctuating asymmetry and mean values of morphological characters. Parr from 13 populations (eight wild and five hatchery) were analysed for multiple meristic and morphometric osteological characters. The following groups of samples clustered together: (i) wild samples from Kola peninsula and the Keret' River; (ii) samples from hatcheries, which originated from these rivers and the sample from the Baltic Sea basin; (iii) wild samples from large rivers from the eastern border of salmon distribution area (Mezen' and Pechora). Meristic and morphometric characters showed similar patterns of clustering. Magnitude of fluctuating asymmetry (random deviations from perfect bilateral symmetry, a measure of developmental instability) is higher in hatchery samples than in wild using meristic but not morphometric characters. It may be explained by poorer environmental conditions or reduced selection in hatcheries compared to the wild.

В настоящее время в России сохранилось уникальное разнообразие природных популяций атлантического лосося (*Salmo salar* L.). Лосось населяет более 150 рек, относящихся к бассейнам Баренцева, Белого и Балтийского морей, и размножается приблизительно в 550 притоках этих рек (Казаков, Титов, 1998). Однако, численность этих популяций продолжает сокращаться, в связи с чем все большее значение приобретает искусственное воспроизводство атлантического лосося. Особенно остро встает вопрос о качестве молоди, выращиваемой искусственно на рыбоводных заводах. Традиционных способов оценки, использующих такие показатели, как выживаемость и темп роста рыб, часто оказывается недостаточно.

Одним из относительно простых методов, позволяющих оценить качество выращиваемой молоди рыб, является анализ стабильности развития, отражающей способность организма следовать генетически определенной программе развития при данных условиях среды. Для оценки стабильности развития широко используется флуктуирующая асимметрия (ненаправленные отклонения от полной, обычно билатеральной симметрии). Повышенный уровень флуктуирующей асимметрии обычно наблюдается при отклонении условий внешней среды от оптимума (например, вызванном химическим загрязнением), снижении генотипической изменчивости или отдаленной гибридизации. Это позволяет считать флуктуирующую асимметрию достаточно простым в использовании и эффективным показате-

лем, характеризующим качество молоди, выпускаемой рыболовными заводами.

Целью настоящего исследования является оценка стабильности развития молоди атлантического лосося, выпускаемой Умбским, Княжегубским, Кандалакшским и Кемским рыболовными заводами, по сравнению с молодь из природных популяций рек бассейна Белого моря. Кроме этого, мы изучали эффект условий выращивания на средние значения морфологических признаков.

Материал и методы

В работе проводился анализ выборок из 5 заводских и 8 природных популяций атлантического лосося. Выборки природной молоди были взяты из рек Кереть, Умба (бассейн Белого моря), Кола (бассейн Баренцева моря), Шуя (бассейн Балтийского моря). Заводская молодь, полученная от природных производителей, выращивалась на Умбском (от производителей р. Умбы), Княжегубском и Кандалакшском заводах (от производителей р. Колы), а молодь от производителей рек Керети и Шуи (Онежской) была выращена на Кемском рыболовном заводе. Для сравнения мы анализировали также молодь из природных популяций восточной части ареала - Мезенская Пижма (бассейн Белого моря), Унья, Верхняя Печора и Илыч (бассейн Баренцева моря). Длина особей варьировала от 6,8 до 17,0 см и

составляла в среднем для выборки 11-12 см, возраст 1-2 года. Размер выборок составлял 30 особей. Для анализа использовали 11 меристических (счетных) (количество зубов на *praemaxillare*, *maxillare*, *linguale*, *dentale*, каналов сейсмо-сенсорной системы на *dentale*, *praeoperculum*, *prooticum*) и 62 морфометрических (мерных) (промеры *articulare*, *dentale*, *hyomandibulare*, *ceratohyale*, *epihyale*, *quadratum*, *supraoccipitale*) признака. Методика анализа, включая статистическую обработку, описана в более ранних работах (Lajus, 2001; Lajus et al., 2003).

Результаты

Средние значения признаков. Кластерный анализ показал, что как по меристическим, так и по морфометрическим признакам выборки с рыболовных заводов существенно отличаются от природных (Рис. 1). По обеим группам признаков анализируемые нами выборки подразделяются на три группы. Первая включает выборки с рыболовных заводов и выборку р. Шуи. Вторая включает выборки «западных» рек, т.е. рек Кольского п-ова и р. Кереть из Карелии, генетически сходные с выборками с рыболовных заводов. Третья группа выборок, которая располагается отдельно от остальных, включает выборки «восточных» рек изучаемой нами области, т.е. рек Печоры и Мезени.

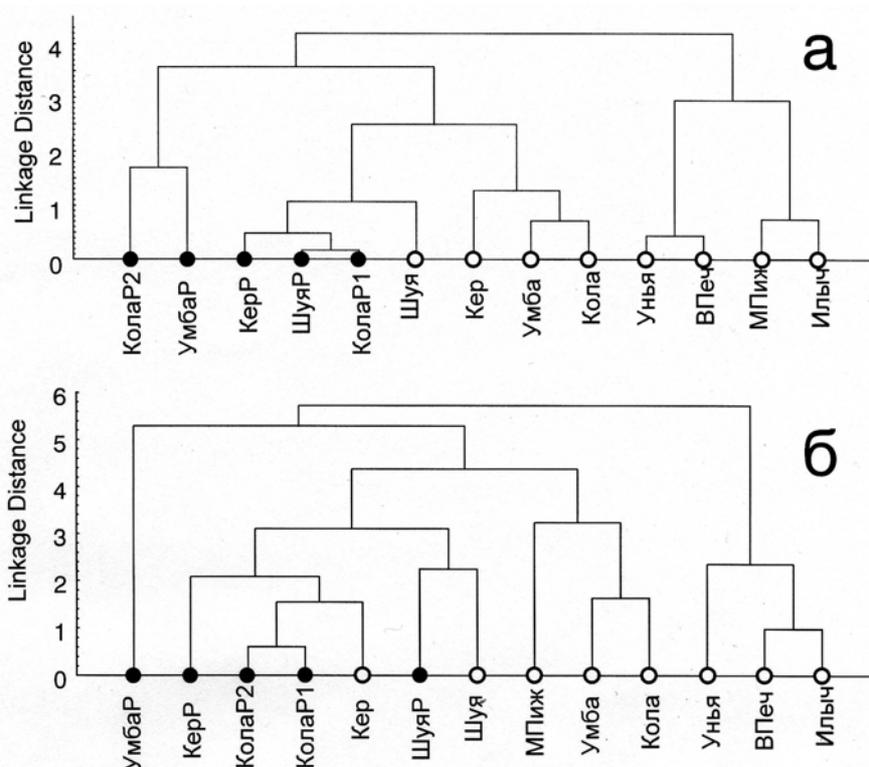


Рис. 1. Дендрограмма сходства выборок по меристическим (а) и морфометрическим (б) признакам. Мера сходства - Евклидовы дистанции, алгоритм кластеризации - метод невзвешенных парных групповых средних UPGMA. Светлыми кружками обозначены выборки из природных популяций, черными - с рыболовных заводов

Для более детального анализа было рассмотрено расположение выборок в полях Главных Компонент (PC), наиболее полно описывающих изменчивость формы: PC1 и PC2 для меристических и PC2 и PC3 для морфометрических признаков. В полях этих PC природные и заводские выборки заметно отличаются (Рис. 2). Максимальные нагрузки по PC1 меристических (-0.81– -0.71) наблюдались по количеству зубов. Природная молодь имеет большее количество зубов, чем заводская. Поскольку корреляция признаков зубов с размером особей отсутствовала, также проводилось сравнение природных и заводских выборок с помощью критерия Стьюдента. Максимальные различия ($p < 0.001$) между заводской и природной молодью были обнаружены по количеству зубов на *palatinum* и *maxillare*. Так, у природной молоди среднее количество зубов на *palatinum* составляло от 8.5 до 15.0 (в среднем 11.1), у заводской – от 4.0 до 11.5 (в среднем 8.9). Число зубов на *maxillare* составляло у природной молоди от 11.0 до 21.5 (в среднем 16.0), у заводской – от 8.0 до 19.5 (в среднем 13.5).

По морфометрическим признакам природные и заводские выборки также различались, хотя эта разница была и не так велика, как по меристическим признакам (Рис. 2). Эти различия выявлялись как при кластеризации выборок, так и при распределении их в полях Главных Компонент. Наиболее сильные различия были отмечены по PC2, максимальные нагрузки по которой (0.35–0.51) имели признаки, характеризующие форму *quadratum*.

Флуктуирующая асимметрия. В результате проведенного исследования были выявлены различия в уровнях флуктуирующей асимметрии между природными и заводскими выборками. По меристическим признакам в 4 из 5 сравнений природная молодь имела меньший уровень асимметрии, чем генетически похожая заводская (Рис. 3). Только молодь из р. Кереть имела более высокую асимметрию, чем молодь с рыбоводного завода. Отличная картина наблюдалась при анализе морфометрических признаков. В 4 из 5 сравнений (исключая выборки из р. Шуи), природная молодь имела более высокий уровень флуктуирующей асимметрии.

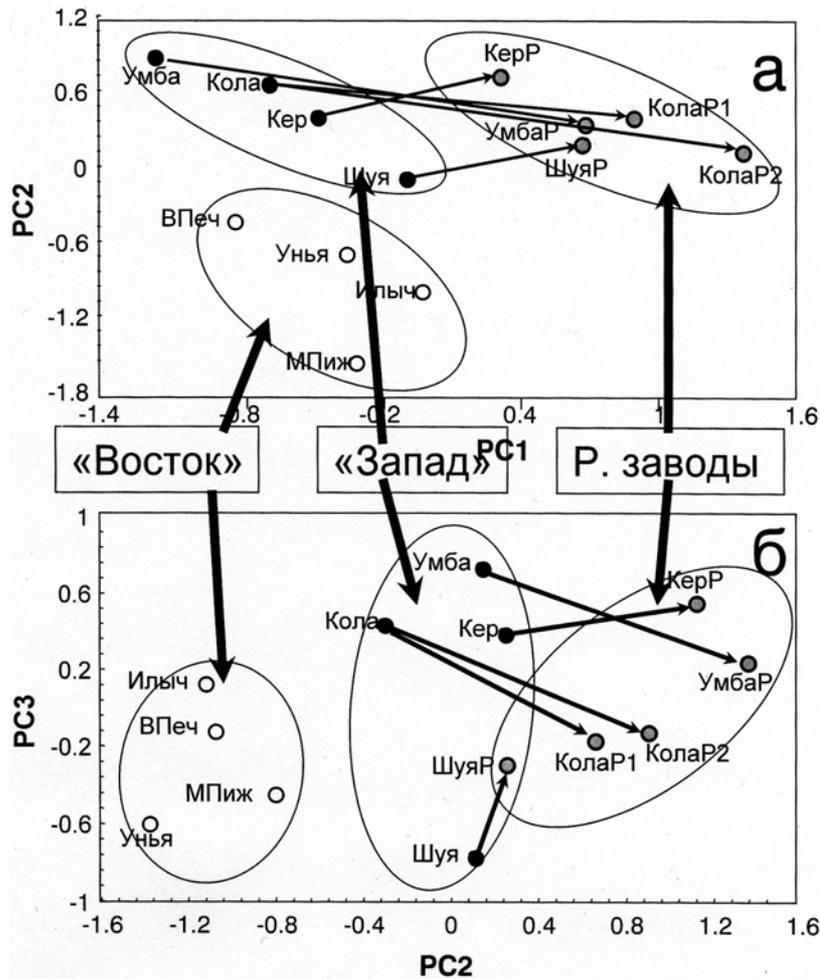


Рис. 2. Расположение выборок в пространстве главных компонент меристических (а) и морфометрических (б) признаков

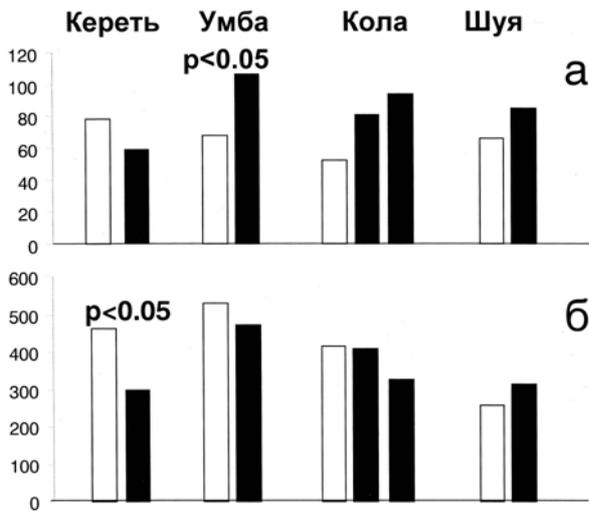


Рис. 3. Флуктуирующая асимметрия природных (светлые столбики) и заводских (черные столбики) выборок (сумма рангов):

а - меристические и б - морфометрические признаки

Статистическое сравнение выборок с использованием критерия знаков показало, что различия между природными и заводскими выборками больше по меристическим, чем по морфометрическим признакам. По первым близкие к достоверным различия ($p=0.07$) были обнаружены для трех пар: р. Умба – Умбский рыболовный завод (РЗ), р. Кола – Князегубский РЗ, р. Кола – Кандалакшский РЗ, в то время как по морфометрическим признакам близкие к достоверным различия ($p=0.06$) были обнаружены только в одном случае (выборки р. Кереть). Для того, чтобы оценить статистически, существует или нет эффект рыболовных заводов на флуктуирующую асимметрию, для каждого признака было подсчитано число положительных и отрицательных знаков при парном сравнении (всего 5 в соответствии с числом пар природных и заводских выборок). Если в 3 или более из 5 сравнений природные выборки имели более высокий уровень асимметрии, знак для определенного признака считался положительным. Для 10 из 11 меристических признаков этот знак был отрицательным, что говорит о статистически достоверном ($p<0.01$) более высоком уровне асимметрии выборок с рыболовных заводов. По морфометрическим признакам в 7 из 19 случаев знак был отрицательным, что показывает отсутствие достоверного эффекта условий рыболовных заводов на флуктуирующую асимметрию.

Обсуждение

Рыболовные заводы приводили к заметному и сходному эффекту на все фенотипические показатели молоди. Это говорит о том, что условия рыболовных заводов сходны и отличаются от таковых в природе. Эффект рыболовных заводов настолько силен, что почти скрывает генетическое сходство природной и заводской молоди одного происхожде-

ния. Только выборки потомков производителей из р. Шуя, существенно отличающиеся генетически от остальных выборок данного исследования (поскольку относятся к бассейну Балтийского моря), проявляют сходство природной и заводской молоди.

По сравнению с природной молодью, лососи, выращиваемые на рыболовных заводах, обычно ограничены в своей подвижности, получают больше пищи и подвергаются неконтролируемому отбору (см. Попова и др., наст. сборник). Литературные данные свидетельствуют, что в искусственных условиях молодь атлантического лосося по сравнению с природной имеет меньший размер головы и плавников, а также более узкий хвостовой стебель (Казаков, Семенова, 1986; Fleming et al., 1994). Похожее изменения наблюдаются и у других лососевых рыб (Taylor, 1986; Swain et al., 1991). А.В. Салманов (1986), изучая лосося бассейна Белого моря, обнаружил, что челюстные кости заводской молоди короче, чем природной. Результаты нашего исследования о меньшем числе зубов у заводской молоди согласуются с этими данными. Различия в форме черепных костей между природной и заводской молодью, обнаруженные в данном исследовании (максимальные различия были выявлены в форме *quadratum*), возможно, также связаны с различиями в питании. Уменьшение размера головы заводской молоди, обнаруженное в данном исследовании, согласуется с данными других авторов (Казаков, Семенова, 1986; Fleming et al., 1994).

При сравнении уровня флуктуирующей асимметрии обнаружено, что по меристическим признакам асимметрия существенно выше у заводской молоди, чем у природной. Только у природной молоди р. Кереть асимметрия оказалась выше, чем у заводской, что может быть связано с действием паразита *Gyrodactylus salaris* Malmberg, который, вероятнее всего, привел к резкому уменьшению численности популяции р. Кереть (Шульман и др., 1998). Повышение уровня асимметрии вследствие воздействия паразитов также было показано и на других видах (Møller, 1996). Молодь р. Кереть также отличается от остальных природных выборок данного исследования меньшим размером головы. Кроме того, лосось этой реки обладает низким уровнем генетической изменчивости (В.С. Артамонова, неопубликованные данные), что также может приводить к более высокой флуктуирующей асимметрии.

Среди основных причин, приводящих к повышению уровня флуктуирующей асимметрии заводской молоди, обычно отмечают высокие плотности посадки, низкое качество воды и генетические изменения, вызванные направленным отбором. Адаптация к искусственным условиям, даже когда множество других факторов, таких как качество воды, плотность посадки, гетерозиготность и температура, находятся под контролем, также может приводить к повышению асимметрии (Vøllestad and Hindar, 1997). Отбор против асимметричных особей

в естественных условиях, и, вследствие этого, уменьшение уровня флуктуирующей асимметрии в природных популяциях, также считается важным фактором (Казаков и др., 1989; Moran et al., 1997). Так или иначе, природная молодь обычно обладает более низким уровнем асимметрии. Это может говорить о ее лучшей адаптированности к условиям родных рек. Поскольку заводская молодь выпускается в естественные условия, т.е. она вынуждена менять среду обитания, можно ожидать, что эти различия будут даже больше наблюдаемых в настоящий момент, что может привести к меньшей конкурентоспособности заводской молоди в природе. В пользу этого предположения говорит то, что культивируемая молодь обладает меньшей жизнеспособностью по сравнению с природной (обзор: Черницкий, Лоечко, 1990).

Обсуждая результаты исследования флуктуирующей асимметрии, следует иметь в виду, что различия были обнаружены только по меристическим, но не по морфометрическим признакам, которые демонстрировали противоположные (но статистически не значимые) различия между природными и заводскими выборками. Однако, следует отметить, что эффект условий рыбоводных заводов проявлялся очень отчетливо на всех изученных параметрах фенотипической изменчивости, что говорит о том, что условия выращивания на рыбоводных заводах значительно отличаются от таковых в природе.

Авторы благодарят М.Ю. Алексеева, А.В. Зубченко, И.В. Кононова, В.А. Широкова, И.Л. Щурова за неоценимую помощь в сборе материала, Л.П. Флячинскую за помощь при работе со сканером, Е.А. Дорофееву за консультации при определении костей. Работа была частично поддержана Российским фондом поддержки науки и исследовательским грантом Российского Фонда Фундаментальных исследований, проекты №№ 02-04-49224, 02-04-06250, Фондом содействия отечественной науке, Программой поддержки ведущих научных школ (НШ-1698.2003.4), программами «Научные основы сохранения биоразнообразия России» (Госконтракт №103) и «Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами» (Госконтракт № 10002-251).

Литература

- Казаков Р.В., Семенова О.В. 1986. Морфологическая характеристика культивируемой и дикой молоди атлантического лосося // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. Т. 154. С. 75–85.
- Казаков Р.В., Тумов С.В. 1998. Популяционно-генетическая организация *Salmo salar* L. // В кн: Атлантический лосось (Казаков Р.В., ред). СПб, Наука. С. 000043-72.
- Казаков Р.В., Ляшенко А.Н., Тумов С.Ф. 1989. Использование флуктуирующей асимметрии для контроля генетического состояния атлантического лосося *Salmo salar* L. и кумжи *Salmo trutta* L. // В кн.: 3-е Всесоюзное совещание по генетике, селекции и гибридизации рыб. Л. Наука. С. 87-95.
- Салманов А.В. 1986. Остеологические особенности культивируемой и дикой молоди атлантического лосося (*Salmo salar* L.) из реки Лувеньга // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. Т. 154. С. 87–98.
- Черницкий А.Г., Лоечко Л.А. 1990. Биология заводской молоди семги после выпуска в реку. Апатиты. 118 с.
- Шульман Б.С., Иешко Е.П., Щуров И.Л. 1998. Зараженность молоди семги (*Salmo salar* L.) *Gyrodactylus salaris* Malmberg, 1957 в р. Кереть (Северная Карелия) // Паразиты и болезни морских и пресноводных рыб Северного бассейна. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 97-102.
- Fleming I. A., Jonsson B. & Gross, M. R. 1994. Phenotypic divergence of sea-ranched, farmed, and wild salmon // Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 51. P. 2808–2824.
- Lajus D.L. 2001. Variation patterns of bilateral characters: variation among characters and among populations in the White Sea herring (*Clupea pallasii marisalbi*) // Biol. J. Linn. Soc. Vol. 74. P. 237–253.
- Lajus D.L., Knust R., Brix O. 2003. Fluctuating asymmetry and other parameters of morphological variation of eelpout *Zoarces viviparus* from different parts of distributional range // Sarsia. Vol. 88. P. 247-260.
- Moran, P., Izquierdo, J.I., Pendas, A.M., Garsia-Vazquez, E. 1997. Fluctuating asymmetry and Isosyme Variation in Atlantic Salmon: Relation to age of Wild and Hatchery Fish // Trans. Am. Fish. Soc. 126: 194–199.
- Møller A.P. 1996. Parasitism and developmental instability of hosts: a review // Oikos 77. 189-196.
- Swain D.P., Riddell B.E., Murray C.B. 1991. Morphological differences between hatchery and wild populations of coho salmon (*Onchorynchus kizhutch*): environmental genetic origin // Can. J. Fish. Aq. Sci. Vol. 47. P. 566–571.
- Taylor E.B. 1986. Differences in morphology between wild and hatchery populations of juvenile coho salmon // Progr. Fish-Cult. Vol. 48. P. 171–176.
- Vøllestad L.A., Hindar K. 1997. Developmental stability and environmental stress in Atlantic salmon *Salmo salar* // Heredity. Vol. 78. P. 215–222.