

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 72-75.

АКТИВНОСТЬ ЛИЗОСОМАЛЬНЫХ И НЕКОТОРЫХ ДРУГИХ ФЕРМЕНТОВ В ТКАНЯХ МИДИЙ ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ СОЛЕННОСТИ

Р.У. ВЫСОЦКАЯ, Т.А. ЛОМАЕВА, С.А. ТАКСШЕЕВ, В.С. АМЕЛИНА, И.Н. БАХМЕТ

Институт биологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск

В экспериментах по влиянию разного уровня солености (5, 15, 25, 35 и 45‰) на биохимические показатели мидий *Mytilus edulis* изучали активность лизосомальных ферментов (РНКаза, ДНКазы, β -глюкозидазы и кислой фосфатазы), щелочной фосфатазы, альдолазы и содержания белка. Наиболее значительно (в несколько раз) изменялась активность кислой и щелочной фосфатаз и РНКазы. Активность других ферментов и содержание белка изменялись не так значительно. Колебание уровня ферментов наблюдались у моллюсков из литоральной и сублиторальной зон Белого моря, как при опреснении воды (5‰), так и при повышении по сравнению с контролем солености (25‰). Умеренное разбавление морской воды (15‰) вызывало снижение всех изученных показателей.

R.U. Vysotskaya, T.A. Lomaeva, S.A. Taksheev, V.S. Amelina & I.N. Bahmet. Lysosomal and some other enzymes activity in tissues of *Mytilus edulis* under different salinity // 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. 72-75.

The activity of lysosomal enzymes (RNAase, DNAase, β -glucosidase and acid phosphatase activities), alkaline phosphatase, and aldolase and the content of protein were measured in experiments on the effect of different salinity (5, 15, 25, 35 and 45 ‰) on biochemical indexes of *Mytilus edulis*. The activity of acid and alkaline phosphatases and RNAase had more significant changes than the activity of other enzymes and protein content. Fluctuations of *Mytilus edulis* enzyme contents in littoral and sublittoral areas of the White Sea were observed both at low salinity (5‰) and exceeding control (25‰) salinity. Medium dissolving of sea-water (15‰) caused decrease in all indexes under study.

Все стороны жизнедеятельности живого организма испытывают влияние множества абиотических и биотических факторов, таких как температура, содержание кислорода, минеральный состав, количество пищевых объектов, взаимоотношения с другими организмами. При изучении проблемы приспособления водных организмов к изменяющимся условиям среды все шире применяются физиолого-биохимические методы исследования (Проссер, Браун, 1967; Хочачка, Сомеро, 1977; Хлебович, 1981), позволяющие составить представление о тонких внутриклеточных механизмах перестройки метаболизма в соответствии с новыми условиями.

Одними из наиболее широко используемых объектов при оценке экологического состояния водоемов, изучении температурных, соленостных и других адаптаций гидробионтов являются двустворчатые моллюски (Бергер и др., 1970; Виноградов, 1979; Шпаков, Деркач, 1994; Стадниченко и др., 1996; Haynes et al., 1995; Antoniou et al., 1996; Avery et al., 1996). Морские моллюски *Mytilus edulis* относятся к группе эврибионтных видов, способных существовать при значительных колебаниях температуры и солености. Биохимические механизмы соленостных адаптаций этих пойкилоосмотических организмов, неспособных к осмотической регуляции своей внутренней среды, изучены в гораздо мень-

шей степени, чем у гомеоосмотических животных (Хлебович, 1981; Мартимьянов, 1983; Физиология..., 1993).

Имеются немногочисленные сообщения об участии лизосом в биохимических механизмах приспособительных и защитных реакций у беспозвоночных гидробионтов, в том числе в условиях экологического стресса (Кулебакина, Пивоварова, 1988; Viarengo et al., 1988; Hemelraad et al., 1990; Marigómez et al., 1990).

В связи со сказанным выше, целью настоящей работы было изучение активности лизосомальных и некоторых других ферментов беломорских мидий *Mytilus edulis* при акклимации к различной солености.

Материал и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали двустворчатых моллюсков *Mytilus edulis*, собранных в литоральной и сублиторальной зонах Кандалакшского залива Белого моря (мыс Картеш). Мидий выдерживали в аквариумах с водой различной солености: 5, 15, 25, 35 и 45‰ при температуре 10°C. Контролем служили экземпляры мидий из аквариума с соленостью 25‰, что соответствует показателю, обычному для поверхностных вод этого района Белого моря. Экспозиция опыта составляла 12 суток. По окончании эксперимента моллюсков в

охлажденном состоянии доставляли в лабораторию для дальнейших исследований.

Из цельных мидий готовили 10%-ные гомогенаты на 0,25 М растворе сахарозы (рН 7,4), содержащем 0,001 М ЭДТА и 0,1 % неионного детергента тритона X-100. Гомогенаты подвергали центрифугированию на рефрижераторной центрифуге при 12 тыс. об/мин. в течение 30 минут. В надосадочной жидкости определяли активность четырех лизосомальных ферментов (кислой фосфатазы, РНКазы, ДНКазы, β -глюкозидазы), щелочной фосфатазы, альдолазы и содержание белка. Определение активности ферментов проводили по методам, описанным ранее (Баррет, Хит, 1980; Высоцкая и др., 1993), количество белка – по Лоури.

Результаты

Как показывают полученные результаты, изученные биохимические показатели в тканях мидий изменялись в той или иной степени под влиянием

различной солености среды (Рис. 1–4). Наиболее значимые отклонения от контрольного уровня отмечены для активности кислой и щелочной фосфатаз (Рис. 1) и лизосомальной РНКазы (Рис. 2). Активность последней, также как и всех других ферментов, снижалась в группах литоральных и сублиторальных моллюсков в варианте с соленостью 15‰.

При минимальной (5‰) и повышенной (35‰) концентрации соли наблюдалось значительное возрастание кислой РНКазы у мидий, собранных в сублиторальной зоне Белого моря. Следует отметить, что у литоральных моллюсков повышение активности этого фермента было выражено значительно слабее. Активность исследованных ферментов углеводного обмена изменялась незначительно. Уровень лизосомальной β -глюкозидазы был несколько снижен во всех вариантах опыта (Рис. 3), показатели активности гликолитического фермента – альдолазы оставались довольно стабильными (Рис. 4).

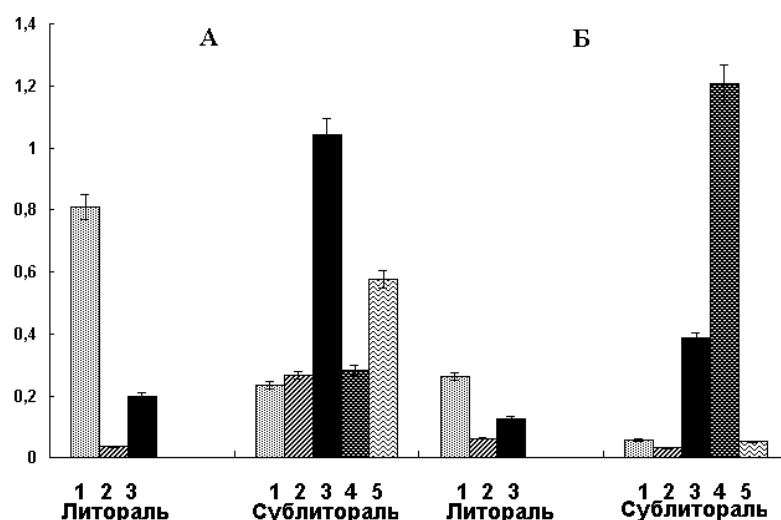


Рис. 1. Активность кислой (А, в мкг P_{in}) и щелочной (Б, в мкМ п-нитрофенола) фосфатаз в тканях мидий *Mytilus edulis* из литоральной и сублиторальной зон Белого моря под влиянием различной солености

Здесь и далее: 1 – 5‰; 2 – 15‰; 3 – 25‰; 4 – 35‰; 5 – 45‰. По оси ординат – активность ферментов на 1 г сырого веса в минуту

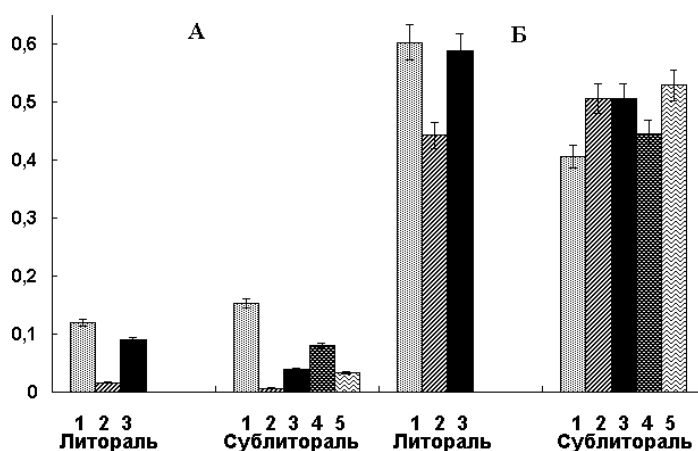


Рис. 2. Активность РНКазы (А, ΔE₂₆₀) и ДНКазы (Б, ΔE₂₆₀) в тканях мидий *Mytilus edulis* из литоральной и сублиторальной зон Белого моря под влиянием различной солености

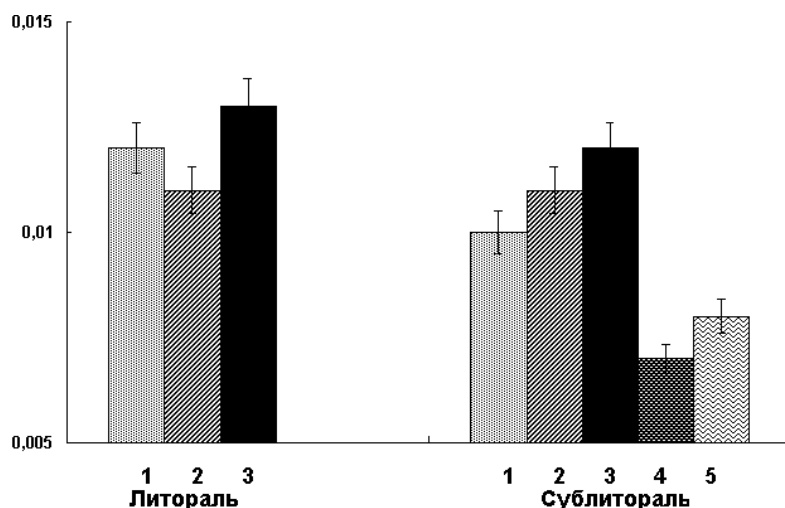


Рис. 3. Активность β -глюкозидазы (в мкМ п-нитрофенола) в тканях мидий *Mytilus edulis* из литоральной и сублиторальной зон Белого моря под влиянием различной солености

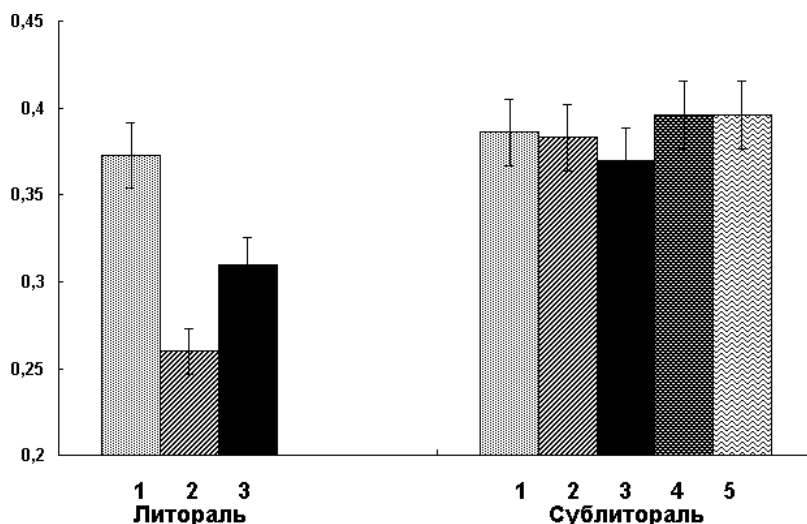


Рис. 4. Активность альдолазы (в ΔE_{536}) в тканях мидий *Mytilus edulis* из литоральной и сублиторальной зон Белого моря под влиянием различной солености

Обсуждение

Биохимические механизмы адаптаций к условиям обитания отражают образ жизни, характер питания, стадию онтогенеза и годового цикла организма. Выявленное нами снижение активности большинства лизосомальных ферментов в тканях мидий при небольших изменениях солености вполне согласуется с характерной для этих животных способностью снижать интенсивность метаболизма в десятки раз в ответ на воздействие неблагоприятных факторов среды (Горомосова, Шапиро, 1984). В частности, при влиянии умеренной солености (14 ‰) было выявлено подавление белкового обмена у беломорских моллюсков других видов (Бергер, Харазова, 1971).

Повышение активности РНКазы и кислой фосфатазы при крайних значениях солености воды, свидетельствующее об интенсификации биосинте-

тических процессов, подтверждает первоочередное включение лизосомального аппарата в приспособительные реакции организма и зависимость интенсивности этих изменений от силы и дозы действующего фактора. Наблюдающийся в ряде вариантов опыта более низкий по сравнению с контролем уровень активности изученных биохимических показателей указывает на неспецифический характер этих реакций и разные адаптивные возможности двух исследуемых субпопуляций мидий.

Незначительные изменения активности ферментов углеводного обмена (альдолазы и лизосомальной β -глюкозидазы) связаны с особенностями биохимической организации ферментативных систем гликолиза и глюконеогенеза мидий. Кроме того, угнетение адаптивных возможностей, наблюдавшееся у мидий, может быть обусловлено снижением общего уровня метаболических процессов в период

полового покоя, в котором находились моллюски в момент проведения эксперимента. Низкая чувствительность ферментов углеводного обмена к регуляторным влияниям температуры, pH, специфических модуляторов позволяют этим ферментативным системам сохранять активность при изменении метаболического фонда клетки, наблюдающееся при значительных колебаниях абиотических факторов среды (соленость, температура, содержание кислорода). Это позволяет мидиям и другим двустворчатым моллюскам успешно адаптироваться к резким и частым изменениям условий существования (Горомосова, Шапиро, 1984).

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ НШ-894.2003.4 и программы ОБН «Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами» № 10002-251/ОБН-02/151-433.220503-181.

Литература

- Баррет А.Дж., Хит М.Ф. 1980. Лизосомальные ферменты // В кн.: Лизосомы. Методы исследования. М.: Мир. С. 25–156.
- Бергер В.Я., Луканин В.В., Лапшин В.Н. 1970. Дыхание некоторых литоральных беломорских моллюсков в процессе акклимации к изменениям солености среды // Экология. Т. 1, № 5. С. 68–72.
- Бергер В.Я., Харазова А.Д. 1971. Исследование субстанциональных изменений и синтеза белка в процессе адаптации некоторых беломорских моллюсков к понижению солености воды // Цитология. Т. 13, № 10. С. 1299–1303.
- Виноградов Г.А. 1979. Адаптация водных животных с различными типами осморегуляции к понижению pH внешней среды // Физиология и паразитология пресноводных животных. Труды, вып. 38 (41). Л.: Наука. С. 17–25.
- Высоцкая Р.У., Шустова Н.К., Заличева И.Н. 1993. Изменение активности лизосомальных ферментов у личинок онежской палии и радужной форели под влиянием токсикантов // Биохимические методы в экологических и токсикологических исследованиях. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 63–73.
- Горомосова С.А., Шапиро А.З. 1984. Основные черты биохимии энергетического обмена у мидий. М.: Легкая и пищевая промышленность. 120 с.
- Кулебакина Л.Г., Пивоварова И.Б. 1988. Накопление и детоксикация кадмия морскими двустворчатыми моллюсками // 5-ая Всесоюз. конф. по водной токсикологии. Тез. докл. М. С. 89–90.
- Мартемьянов В.И. 1983. Динамика концентрации электролитов у пресноводных рыб при стрессе // В кн.: Пресноводные гидробионты и их биология. Л.: Наука. С. 237–248.
- Проссер Л., Браун Ф. 1967. сравнительная физиология животных. М.: Мир. 766 с.
- Стадниченко А.П., Иваненко Л.Д., Гузенко О.В., Свительский Н.М., Сычевский А.С. 1996. Влияние совместного воздействия трематодной инвазии, температуры среды и азотнокислого свинца на легочное дыхание прудовиков (*Pulmonata: Lymnaeidae*) // Паразитология. Т. 30, вып. 6. С. 515–520.
- Физиология водносолевого обмена и почки. 1993. Отв. ред. Ю.В. Наточин. СПб.: Наука. 576 с.
- Хлебович В.В. 1981. Акклимация животных организмов. Л.: Наука. 136 с.
- Хочачка П., Сомеро Дж. 1977. Стратегия биохимической адаптации. М.: Мир. 296 с.
- Шпаков А.О., Деркач К.В. 1994. Влияние катионов меди и кадмия *in vivo* и *in vitro* на активность аденилатциклазы и 5'-нуклеотидазы в тканях пресноводных моллюсков // Журн. эвол. биохимии и физиологии. Т. 30, № 6. С. 729–737.
- Antonioni V., Zantopoulos N., Tsitsamis S. 1996. Heavy metal concentrations in mussels from the gulf of Olimpias-Chalkidiki, Greece // J. Environ. Sci. and Health. A. Vol. 31, № 1. P. 55–65.
- Avery E.L., Dunstan R.H., Nell J.A. 1996. The detection of pollutant impact in marine environments: condition index, oxidative DNA damage, and their associations with metal bioaccumulation in the Sydney rock oyster *Saccostrea commercialis* // Arch. Environ. Contam. and Toxicol. Vol. 31, № 2. P. 192–198.
- Haynes D., Mosse P., Oswald L. 1995. The use of transplanted cultured mussels (*Mytilus edulis*) to monitor pollutants along the Ninety Mile Beach, Victoria, Australia. II. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans // Mar. Pollut. bull. Vol. 30, № 12. P. 834–839.
- Hemelraad J., Herwig H.J., Van Donselaar E.J., Holweida D.A., Zandee D.J. 1990. Effects of cadmium in freshwater clams. II. Ultrastructural changes in the renal system of *Anodonta cygnea* // Arch. Environ. Contam. and Toxicol. Vol. 19, № 5. P. 691–698.
- Marigómez J., Ireland M.P., Angulo E. 1990. Correlation of cadmium shell-weight index with environmental stress indicators at the cellular and organismic levels in *Litorina littorea* // Mar. Ecol. Progr. Ser. Vol. 67, № 2. P. 171–176.
- Viarengo A., Canesi L., Pertica M., Mancinelli J., Orunesu M., Mazzucotelli A., Bouqueneau J. M. 1988. Biochemical characterization of copper-thionein involved in Cu accumulation in the lysosomes of the Digestive Hand of mussels exposed to the metal // Mar. Environ. Res. Vol. 24, № 1–4. P. 163–166.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 76-80.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АККЛИМАТИЗАЦИИ ЧЕТНОЙ И НЕЧЕТНОЙ ЛИНИЙ ГОРБУШИ *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* В БАССЕЙНЕ БЕЛОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ МОРФОЛОГИИ И ПОПУЛЯЦИОННОЙ ГЕНЕТИКИ

Н.В. ГОРДЕЕВА, Е.А. САЛМЕНКОВА, Ю.П. АЛТУХОВ

Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва

Анализируется ход акклиматизации на Европейском Севере горбуши двух смежных линий – линии, размножающейся в нечетные годы, интродуцированной в 1985 г., и линии четных лет, завезенной в 1998 г. Исследовалась изменчивость различных генетических маркеров (аллозимные и микросателлитные ядерные локусы, мтДНК), морфологические и некоторые биологические признаки у двух поколений четных и двух поколений нечетных лет в новом ареале, а также у донорской популяции реки Олы (Магаданская обл.). У горбуши линии нечетных лет спустя восемь-девять поколений после вселения обнаружены существенные изменения популяционно-генетической структуры, внешней морфологии, репродуктивных признаков и параметров жизненного цикла. Обнаружены первые свидетельства возникновения у вселенцев хоминга и пространственной генетической дифференциации внутри нового ареала, уровень которой вполне может быть сопоставим с характерным для нативных популяций. Найденные изменения вместе с успешным, преимущественно естественным воспроизводством, указывают на адаптацию вселенцев нечетной линии к условиям нового ареала. Напротив, в линии четных лет после вселения никаких изменений в генетической структуре не происходит, что, при наблюдающемся сокращении численности, свидетельствует об отсутствии адаптации. Поскольку и в предыдущих работах по расселению горбуши успех в той или иной степени, как правило, сопутствовал линии нечетных лет, можно сделать вывод о неодинаковой адаптивной пластичности смежных линий.

N.V. Gordeeva, E.A. Salmenkova, Yu.P. Altukhov. Comparative analysis of acclimatization of even and odd broodlines of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* in the White Sea basin according to morphology and population genetics data // 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. 76-80.

Odd-year broodline of pink salmon was successfully introduced into the White Sea basin in 1985, and then even-year pink salmon was carried in 1998. To study the process of acclimatization of both broodlines of pink salmon, we analyzed the variation of several genetic markers (allozyme and microsatellite nuclear loci, and mtDNA), morphological and some biological features in two consecutive generations of odd and even pink in new area and parental population from Magadan oblast (Sea of Okhotsk). In acclimatized odd-year line after eight-nine generations in new area considerable shifts in population genetic structure, external morphology, reproductive features and life cycle were found. Genetic differences between pink salmon in several rivers of the White and Barents Sea and similarity of two generations in Umba River showed first evidence of geographic differentiation and homing ability of successful reproduction of odd-year pink, which indicates adaptation to new environment. We did not find any changes in genetic in even-year line, moreover decrease in number testifies to the lack of adaptation. As in previous works on pink salmon acclimatization the success was observed more often for odd-year line, we suggest unequal adaptive ability of two broodlines of pink salmon.

Вселение тихоокеанской горбуши на Европейский Север проводилось в больших масштабах в 1956–1978 гг., что, однако, не привело к формированию самовоспроизводящейся популяции и подходы вселенцев исчезли после прекращения перевозок. Предполагалось, что основной причиной неудачи мог стать выбор донорских стад с юга нативного ареала – главным образом с юга о. Сахалин, вследствие чего вселенцы оказывались плохо приспособленными к условиям Заполярья (Карпевич и др., 1991). Как было установлено, поздний нерест, свойственный сахалинским популяциям, в новом ареале приводил к массовой гибели развивающейся икры

из-за более раннего наступления осеннего похолодания. Было также замечено, что интродукции икры нечетной линии сопровождаются, как правило, более многочисленными возвратами взрослых рыб, чем интродукции четной линии (вследствие строго двухлетнего жизненного цикла этот вид представлен изолированными линиями четных и нечетных лет нереста). Это связывали с существующими между линиями различиями по срокам миграции и нереста: размножение сахалинской горбуши нечетной линии происходит раньше, чем у четной, что и обеспечивало ее сравнительный успех при размножении в новом ареале (Дягилев, Маркевич, 1979).

Для новой интродукции в 1985 г. была завезена оплодотворенная икра горбуши линии нечетных лет размножения из популяции реки Олы Магаданской области (бассейн Охотского моря, Ольская экспериментальная производственно-акклиматизационная база, ОЭПАБ) (Табл. 1). Нерестовая миграция и нерест в северных популяциях Охотского моря начинаются раньше и протекают в более сжатые сроки, по сравнению с популяциями о. Сахалин, поэтому донорский материал для этой интродукции был лучше преадаптирован к условиям нового ареала (Смирнов, 1975). Потомство магаданской горбуши за девять поколений в новом ареале образовало многочисленное (промысловый возврат насчитывал от 60 до 700 тыс. рыб) стадо, преимущественно с есте-

ственным размножением. Горбуша заходит на нерест в реки бассейнов Баренцева и Белого морей, отмечались также случаи продвижения вселенцев на восток по арктическому побережью. Вероятно, помимо удачного выбора донорского стада, важную роль сыграло начавшееся с середины 1980-х годов крупномасштабное изменение теплового состояния вод Северной Атлантики и, как следствие, климата всего региона Европейского Севера. В 1998 г. из Магаданской обл. была завезена партия икры линии четных лет. Цель настоящей работы – провести сравнительный анализ хода акклиматизации горбуши четных и нечетных лет в новом ареале по генетическим и морфобиологическим данным.

Таблица 1. Акклиматизация горбуши линий четных и нечетных лет на Европейский Север России

	Год интродукции	Завезено икры, млн. шт.	Доинкубация на заводах Бе- лого моря	Выпущено молоди, млн. экз.	Ученный возврат первого поколения, тыс. экз.	Возврат второго поколения, тыс. экз.	Возврат третьего поколения, тыс. экз.
Нечетная линия	1985	2.2	Онежский (Архангельская обл.)	1.0	2.5	60.0	92.0
Четная линия	1998	2.8	Умбский Кандалакшский Князегубский (Мурманская обл.)	2.6	10	1.1	0.5

Примечание. Приведены данные о численности возвратов в Мурманской обл.

Материал и методы

Материал собирали в 2000 - 2003 гг. на реках Умбе, Керети, Кемь, Кемском и Выгском рыболовных заводах (бассейн Белого моря), реках Коле, Туломе, Зап. Лице (бассейн Баренцева моря), а также донорской реке Оле и Ольской ЭПАБ (бассейн Охотского моря). Всего исследовано 14 выборок молоди и производителей общей численностью 1449 экз. Выборки взрослой горбуши сделаны в период нерестового хода, заводской молоди - на стадии готовности к покатной миграции. Исследовали 18 ядерных генов, кодирующих белки (аллозимы) (Гордеева и др., 2003), четыре высокополиморфных микросателлитных локуса (Гордеева и др., 2004, в печати) и два переменных участка мтДНК (Cytb/D-loop и ND5/ND6) (Гордеева и др., 2004). У взрослых рыб из рек Олы и Умбы измеряли длину и массу тела и исследовали 17 пластических признаков, преобразованных в индексы Хаксли; у самок из р. Умбы определяли абсолютную плодовитость (Гордеева, Салменкова, 2004, в печати). Данные о динамике нерестового хода и показатели воспроизводства горбуши (сроки созревания производителей, объемы инкубируемой икры и выпускаемой молоди)

взяты из отчетов Умбского рыболовного завода за 1987-2001 гг.

Считается, что в беломорских реках Умбе и Керети имеются условия для естественного воспроизводства вселенцев, помимо этого в р. Умбе до 2001 г. осуществлялось и заводское разведение горбуши на Умбском рыболовном заводе. На баренцевоморском побережье Кольского п-ва из-за неблагоприятных условий зимнего периода естественное воспроизводство вселенцев практически отсутствует (Камышная, Смирнов, 1981). По нашим оценкам вклад естественного нереста в учетные возвраты взрослых рыб за все годы воспроизводства нечетной линии составляет от 66 до 100 %. Нижняя граница определялась, исходя из усредненного коэффициента учетного возврата производителей в реку Умбу от выпущенной с Умбского завода молоди, т.е. 4.5%. Верхняя граница определялась долей возврата от молоди, полученной из завезенной икры, в первых после обеих интродукций поколениях 1987 и 2000 гг.; она была примерно одинакова и составляла 0.4%. В естественных условиях выживаемость молоди охотоморской горбуши равняется 1% (Голованов, 1982).

Результаты и обсуждение

Нечетная линия. Полученные данные свидетельствуют, что за восемь-девять поколений воспроизводства в новом ареале у вселенцев произошел существенный сдвиг в частотах аллелей и величинах разнообразия (средней наблюдаемой гетерозиготности и числе аллелей) по аллозимным и микросателлитным локусам, в частотах гаплотипов и гаплотипическом разнообразии мтДНК. Характер изменений в исследованных генетических маркерах, кото-

рые в различной степени подвергаются действию микроэволюционных факторов (отбору и генетическому дрейфу), в целом совпадает. По сравнению с родительской популяцией у беломорской горбуши наблюдается снижение числа аллелей - на 26% в аллозимных и на 36% в микросателлитных локусах, и сокращение уровня средней гетерозиготности - на 20% в аллозимных и на 17% в микросателлитных локусах. Также отмечено сокращение разнообразия гаплотипов мтДНК (Табл. 2).

Таблица 2. Оценки генетического разнообразия в донорской и акклиматизированной популяциях горбуши

Генетические маркеры	Дальний Восток	Европейский Север
<i>Аллозимные локусы</i>		
Аллельное разнообразие	2.4±0.2	1.8±0.2
Гетерозиготность	0.143±0.021	0.100±0.029
<i>Микросателлиты</i>		
Число аллелей на локус	15.1	9.7
Гетерозиготность	0.790±0.049	0.678±0.063
<i>мтДНК</i>		
Гаплотипическое разнообразие h	0.9246±0.01377	0.7976±0.03892
Нуклеотидное разнообразие	0.012943±0.000003	0.014955±0.000003

Длина и масса тела молоди и взрослой беломорской горбуши превышают таковые у горбуши исходной популяции реки Олы. Анализ главных компонент комплекса морфометрических промеров взрослых рыб выявил существенные различия между дальневосточной и беломорской популяциями ($F = 126.2$; $d.f. = 17.8$; $P < 10^{-6}$ у самцов и $F = 113.1$; $d.f. = 17.8$; $P < 10^{-6}$ у самок). Помимо этого, между донорской и беломорской горбушей отмечены различия по ряду биологических показателей. В новом ареале нерестовая миграция взрослых рыб в реки начинается раньше и на протяжении нерестового хода, как правило, преобладали самки. У самок беломорской горбуши значительно увеличивается плодовитость. Скат молоди из рек нового ареала из-за позднего прогрева воды весной происходит позже, чем в нативном ареале. Можно предположить, что большая часть найденных у акклиматизированной горбуши изменений возникла благодаря контрастным условиям нерестового и нагульного ареалов, т.е., с одной стороны, под влиянием длительного периода низких температур на речной стадии жизни, и, с другой стороны, благодаря благоприятным термическим условиям Северной Атлантики в период нагула (Гордеева, Салменкова, 2004, в печати).

Успешное естественное размножение вселенцев позволяет предполагать приспособительное значение пониженного уровня гетерозиготности по аллозимным локусам, который может быть сопряжен с отмеченными адаптивными изменениями в жизненном цикле беломорской горбуши (Гордеева и др., 2003, 2004а, 2004б, в печати). Как показал сравнительный анализ молоди и производителей беломорской горбуши, с возрастом доля гетерозиготных

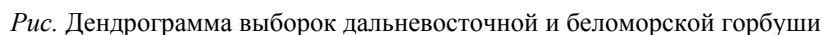
особей снижается, т.е. в новом ареале они оказываются менее жизнеспособными. При этом вектор отбора, характерного для популяций естественного ареала (Алтухов и др., 1987), изменяется на противоположный.

Между выборками взрослой горбуши, зашедшей на нерест в р. Умбу в 2001 и 2003 гг., не отмечено различий ни по генетическим, ни по морфологическим признакам (Гордеева, Салменкова, 2004, в печати), что свидетельствует о том, что большая часть рыб возвращается в «родную» реку, т.е. о формировании у вселенцев хоминга. В то же время умбская горбуша отличается от других беломорских и баренцево-морских выборок взрослых рыб по частотам аллелей аллозимных и, в большей степени, микросателлитных локусов. Среди выборок молоди, выращенной на заводах Белого моря из икры производителей, подошедших в 2001 г. в ряд рек, были найдены статистически существенные различия по частотам аллозимных локусов. Это может указывать на начавшуюся пространственную генетическую дифференциацию в новом ареале. Уровень дифференциации, найденный между беломорскими выборками (по микросателлитным локусам $F_{ST}(\theta_{ST}) = 0.016$; по аллозимным локусам $F_{ST} = 0.009$ у взрослых и 0.018 у молоди), сопоставим с оценками, полученными для популяций в естественном ареале (микросателлиты $\theta_{ST} = 0.022$ (Северная Америка, Olsen et al., 1998); аллозимные локусы: $F_{ST} = 0.010$ (среднее для азиатских популяций нечетной линии, Варнавская, 2001).

Взаимоотношения выборок дальневосточной и акклиматизированной горбуши представлены в виде дендрограммы, построенной по генетическим угло-

Как уже говорилось, на первом этапе акклиматизационных работ в 1956-1980 гг. результаты вселения четной и нечетной линий различались сходным образом, что связывали с различиями в сроках размножения между смежными линиями в донорских популяциях о. Сахалин. При этом более поздние сроки нереста горбуши четной линии не позволяли надеяться на ее акклиматизацию в бассейне Белого моря (Дягилев, Маркевич, 1979; Карпевич и др., 1991). Надо отметить, что у горбуши бассейна

Несмотря на современное симпатричное обитание горбуши поколений четных и нечетных лет практически по всему нерестовому ареалу и, возможно, во время морских миграций, механизм адаптации к сходным условиям может быть различным у каждой линии. Этому, вероятно, способствовала длительная генетическая изоляция линий горбуши и независимые исторические события, сопутствовавшие каждой линии во время оледенений и последующего расселения популяций. Например, эксперимент по искусственному скрещиванию рыб из поколений четных и нечетных лет выявил признаки



Оценки угловых генетических расстояний (Cavalli-Sforza, Edwards, 1967) рассчитывались по частотам аллелей 12-ти общих полиморфных локусов, кодирующих белки. Данные о популяции горбуши р. Армань (соседней с донорской р. Олой) заимствованы из работы Н.В. Варнавской (2001)

аутбредной депрессии у гибридов второго поколения (Gharrett, Smoker, 1999). Самостоятельное существование смежных линий проявляется и в особенностях жизненного цикла, и в колебаниях численности поколений, что также указывает на различные адаптивные стратегии. Некоторые особенности популяционно-генетической структуры в пределах четной линии (Варнавская, 2001) позволяют предположить, что она пространственно более дифференцирована и, следовательно, более специализирована, чем нечетная линия. В силу этих причин четная линия может быть менее пластична в новых условиях среды. Возможно, лучшей стратегией для трансплантации горбуши четной линии явилась бы перевозка икры из разных локальностей нативного ареала.

Таким образом, интродукция из Магаданской обл. в бассейн Белого моря линии нечетных лет оказалась более успешной, чем интродукция линии четных лет. После успешного естественного воспроизводства нескольких поколений у вселенцев нечетной линии наблюдаются признаки адаптации к новым условиям, что выражается в направленных сдвигах по генетическим и морфобиологическим признакам, формировании хоминга и пространственной структуры. Поскольку при попытках расширения ареала горбуши большой успех сопутствует, как правило, нечетной линии можно предполагать разную адаптивную пластичность поколений четных и нечетных лет.

Литература

- Алексеев А.П., Кулачкова В.Г. Дальневосточная горбуша в бассейнах Белого и Баренцева морей (второй, «магаданский», этап акклиматизации) // Виды – вселенцы в европейских морях России: сб. науч. трудов. Апатиты: КНЦ РАН, 2000. 312 с.
- Варнавская Н.В. Принципы генетической идентификации популяций тихоокеанских лососей в связи с задачами рационального промысла: Дис. ... докт. биол. наук. Москва. 2001. 329 с.
- Алтухов Ю.П., Салменкова Е.А., Омельченко В.Т. и др. Балансирующий отбор как возможный фактор поддержания единообразия аллельных частот ферментных локусов в популяциях тихоокеанского лосося – горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) // Генетика. 1987. Т. 23. № 10. С. 1884-896.
- Варнавская Н.В. 2001. Принципы генетической идентификации популяций тихоокеанских лососей в связи с задачами рационального промысла // Дисс. ... докт. биол. наук. Москва. 2001. 329 с.
- Голованов И.С. 1982. О естественном воспроизводстве горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) (*Salmonidae*) на северном побережье Охотского моря // Вопр. ихтиол. Т. 22, вып. 4. С. 568-575.
- Гордеева Н.В. 2002. Генетические изменения у горбуши, трансплантированной в бассейн Белого моря // ДАН. Т. 384. № 4. С. 553-556.
- Гордеева Н.В., Салменкова Е.А., Алтухов Ю.П. и др. 2003. Генетические изменения у горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) в ходе акклиматизации в бассейне Белого моря // Генетика. Т. 39, № 3. С. 402-412.
- Гордеева Н.В., Салменкова Е.А., Алтухов Ю.П. 2004. Акклиматизация горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) на Европейском Севере России: данные рестрикционного анализа мтДНК // Генетика. Т. 40, № 3. С. 393-400.
- Гордеева Н.В., Салменкова Е.А. 2004. Морфоэкологическая пластичность горбуши, акклиматизируемой в бассейне Белого моря // Вопросы ихтиологии. № 6 (в печати).
- Гордеева Н.В., Салменкова Е.А., Алтухов Ю.П. 2004. Генетическая дифференциация тихоокеанской горбуши при освоении нового ареала // ДАН (в печати).
- Дзялиев С.Е., Маркевич Н.Б. 1979. Разновременность созревания горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.) четных и нечетных лет как основной фактор, определивший различные результаты ее акклиматизации на севере европейской части СССР // Вопросы ихтиологии. Т. 19. Вып. 2(115). С. 230-245.
- Ионов А.В. 1987. Биологическая неоднородность горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) материкового побережья Охотского моря // Биология пресноводных рыб Дальнего Востока. Владивосток.: ДВО АН СССР. С. 35-48.
- Камышина М.С., Смирнов А.И. 1981. Воспроизводство горбуши, интродуцированной в бассейны Баренцева и Белого морей // Современные проблемы ихтиологии. М.: Наука. С. 196-225.
- Карпевич А.Ф., Агапов В.С., Магомедов Г.М. Акклиматизация и культивирование лососевых рыб – интродуцентов. М.: ВНИРО, 1991. 208 с.
- Смирнов А.И. 1975. Биология размножения и развития тихоокеанских лососей. М.: Изд-во МГУ, 335
- Gharrett A.J., Thomason M.A. 1987. Genetic changes in pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) following their introduction into the Great Lakes // Can. J. Fish. Aquat. Sci. V. 43. P. 787-792.
- Gharrett A.J., Smoker W.W., Reisenbichler R.R., Taylor S.G. Outbreeding depression in hybrids between odd- and even-broodyear pink salmon // Aquaculture. 1999. V. 173. P. 117-129.
- Harache Y. 1992. Pacific salmon in Atlantic waters // ICES mar. Sci. Symp. V. 194. P. 31 – 55.
- Olsen J.B., Seeb L.W., Bentzen P., Seeb J.E. 1998. Genetic interaction of broad-scale microsatellite polymorphism in odd-year pink salmon // Trans. Am. Fish. Soc. V. 127. P. 535-550.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 81-86.

ОСОБЕННОСТИ ФАУНЫ НЕМАТОД ОСТРОВОВ АРХИПЕЛАГА КУЗОВА В БЕЛОМ МОРЕ

Л.И. ГРУЗДЕВА, Т.Е. КОВАЛЕНКО, Е.М. МАТВЕЕВА

Институт биологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск

Впервые исследована фауна нематод островных биотопов архипелага Кузова, которые слабо подвержены антропогенному влиянию. Изучены видовой состав, структура и степень зрелости сообществ нематод. Доминировали виды нематод, устойчивые к неблагоприятным условиям среды, что отражается на индексе зрелости сообществ: *MI* был низкий (2,2–2,6). В фауне нематод преобладала трофическая группа бактериотрофов. Отмечен феномен супердоминирования отдельных видов нематод, отсутствие специфичных паразитов растений, которые являются эволюционно более прогрессивными организмами. Конкретная экологическая обстановка является, по-видимому, главным фактором, влияющим на процесс расселения нематод.

L.I. Gruzdeva, T.E. Kovalenko & E.M. Matveeva. Nematode fauna peculiarities of archipelago «Kuzova» 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. 81-86.

Nematode fauna of island biotopes, which are slightly subjected to the anthropogenic influence, has first been investigated. Species composition, structure and maturity degree of nematode communities were studied. Nematode species resistant to unfavourable environment conditions prevailed that were reflected in maturity degree of communities: maturity index was low (2.2–2.6). In the most cases nematodes-bacteriotrophs dominated in the fauna. A phenomenon “species superdominance” was observed. Plant parasites, which are considered as evolutionary progressive organisms were absent. Possibly, local ecological situation influences the spreading of nematodes.

Почвенные организмы представляют собой микромир, скрытый от глаз наблюдателя. Однако, без них невозможно разложение органического вещества, поступающего с опадом растений, создание почвенного плодородия и, в конечном итоге, жизнедеятельность представителей растительного и животного мира. Среди многоклеточных беспозвоночных нематоды являются группой организмов, переживающих в настоящее время биологический прогресс. Он характеризуется следующими признаками: численным увеличением состава популяций, широким распространением и многообразной видовой дифференцировкой группы. Нематоды, поселяющиеся в органах растений, произошли от свободных нематод почвы и биологически связаны с ними и с почвой (Парамонов, 1962). Представляется интересным исследовать фауну нематод, населяющих биотопы островов исторически молодого происхождения, практически не подвергающиеся антропогенному воздействию.

Таковыми являются острова архипелага Кузова, расположенные в Белом море. Это куполообразные, с крутыми склонами, высотой в десятки метров острова, сложенные кристаллическими породами. Остров Русский Кузов, наиболее крупный в архипелаге, при высоте 123 м в плане имеет форму неправильного треугольника размером 3 на 2,5 км. Это наиболее высокая вершина акватории и побережья южно-

го Беломорья. Высота других более мелких островов, входящих в заказник «Кузова», колеблется от 15 до 63 м (Демидов, 2002). В целом скальные купола Кузовов являются частью позднеархейской интрузии гранитов – магматического тела, застывшего в складчатой толще беломорских гнейсов около 2,7 млрд лет назад. Последний ледниковый покров отступил с территории Кузовов около 11600 лет назад. С этого времени и образовался архипелаг Кузова, окруженный водами приледникового бассейна. Около 2800 лет назад архипелаг приобрел очертания, близкие к современным (Демидов, 2002).

На Кузовах зарегистрировано 252 вида сосудистых растений. Это в 2 раза меньше, чем обычно фиксируется в локальных флорах на той же широте в материковой части Карелии (400-500 видов). На Русском острове найдено 214 видов, Немецком – 194, Лодейном, Куричьа Нилокса, Вороньи, – 106-133 вида, на самых маленьких (Верхний, Сетной) – 71-96. Основу флоры составляют обычные таежные виды. Специфичная черта флоры – повышенная роль северных видов – арктических, арктоальпийских, гипоарктических, арктобореальных. Они составляют 25% от общего количества видов (Кравченко, 2002).

Леса островов Белого моря можно считать самыми молодыми на территории Карелии по двум причинам: исторически позднее их становление по

сравнению с материком и частые пожары на островах, которые обновляли леса для следующего заселения (Шелехов, 2002). Кристаллические породы, из которых сложены острова, довольно бедные для произрастания продуктивных древостоев. Преобладают типы леса, характерные для подзоны северной тайги (сосновые, еловые, смешанные, первичные березняки: бруснично-вороничные, чернично-вороничные, часто каменистые, с большим участием в травянисто-кустарничковом ярусе северного вида дерна шведского и болотных кустарничков, для островов Белого моря характерно наличие вороничных, кустарничково-вороничных тундр и первично-безлесных приморских лугов (Кравченко, 2002).

Труднодоступность, изолированность и малая обитаемость этой части территории Карелии позволили сохранить ее экосистему в состоянии, близком к первозданному. С другой стороны, эти же факторы позволяют определить, как происходит формирование островной фауны нематод. Мы исследовали фауну почвообитающих нематод островов ландшафтного заказника «Кузова», находящегося в Белом море между устьем реки Кемь и Соловецким архипелагом.

Материалы и методы

Отбор почвенных образцов произведен в 2001-2003 гг. Была исследована фауна нематод следующих островов: Русский кузов (смешанный лес на самом берегу моря; смешанный лес у подножья горы; березово-вересковый биотоп на вершине горы; сосняк на болоте; смешанный лес с большим количеством сухостоя в низине на краю болота; березняк в низине); Немецкий Кузов (смешанный лес у подножья горы); о. Куричья Нилокса (еловый лес, тундра на вершине горы); о. Лодейный (смешанный лес, тундра на вершине горы); о. Сетной (у подножья горы; на высоте 15 м над уровнем моря; на высоте 30 м над уровнем моря; на вершине горы); о. Верхний (подножье скалы, заросли карликовой осины); о-ва Вороньи (подножье скалы, почва типично лесная); о. Средний (подножье скалы с лишайниковым покрытием; вершина скалы с редкими куртинами лишайников). Всего 19 биотопов.

Из почвенных проб, отобранных в указанных биотопах, выделяли нематод вороночным методом Бермана. Фиксатор – ТАФ (триэтаноламин:формалин:вода в соотношении 2:7:91). На временных микроскопических препаратах анализировали систематическую принадлежность нематод. Экологотрофическое группирование нематод осуществляли по классификации Yeates et al. (1993). Индекс зрелости сообществ (MI) вычисляли по Bongers (1990).

Результаты и обсуждение

Нами обнаружены нематоды 60 видов. Встречаемость видов по биотопам различная: основу фауны составляют 17 видов нематод, которые обнаружены в 10-17 местах отбора проб из 19; 24 вида не-

матод обитают только в 1 или 2-х биотопах (Табл. 1).

В фауне многочисленны виды, считающиеся родоначальниками становления процессов развития фитобионтности нематод. Это представители сем. *Rhabditidae*, *Cephalobidae*, *Plectidae*, *Aphelenchoididae*, источником питания которых являются бактерии и грибы. Они участвуют в сапробиотических процессах, питаясь за счет растворимых продуктов распада органических веществ растительного происхождения, осуществляемого бактериями и грибами. Эти связи не односторонние. Имеются доказательства, что в отсутствие нематод процессы разложения органики происходят медленнее (Griffiths et al., 1994; Maxwell & Coleman, 1995; Freckman, 1999).

Многочисленна группа свободных почвенных нематод, облигатно тяготеющих к корневой системе и прямо или косвенно трофически связанных с ней: *Achromadora*, *Eumonhystera*, *Monhystrella*, *Prismatolaimus*, *Teratocephalus*, *Eudorylaimus*, *Tylencholaimus*, *Clarcus*. Среди них наиболее широко представлен вид *Eudorylaimus carteri*, отмеченный в 16 биотопах из 19. Нематоды данного вида питаются соками растений, зелеными водорослями и часто встречаются в тундровых биотопах, в местах, покрытых мхами и лишайниками.

Высокая степень встречаемости отмечена у четырех видов из сем. *Tylenchidae*: *Lelenchus leptosoma*, *Malenchus bryophilus*, *Aglenchus agricola*, *Coslenchus costatus*. Это представители фитогельминтов, не антагонизирующие с сапробиосом и некротическим распадом растительных тканей. Их относят к фитогельминтам неспецифического патогенного эффекта (Парамонов, 1962). Данные нематоды имеют тонкий стилет, позволяющий питаться за счет жидкого содержимого мицелия грибов, соков эпидермиса корней растений. По классификации Yeates (1993) они входят в группу нематод, ассоциирующихся с растениями (Аср). Настоящие фитогельминты (Пр) обладают собственной эктоферментативной деятельностью и независимой трофикой. В исследованных нами биотопах островов фитогельминты отмечены в единичных экземплярах.

Больше всего биотопов исследовано на самом большом по площади острове Русский Кузов (Табл. 2). Выявлено, что в лесных биотопах с преобладанием сосны в структуре сообществ нематод доминируют бактериотрофы. В березняках не отмечено четкого доминирования определенной трофической группы. Часто равнозначными по участию в фауне наряду с бактериотрофами выступают микотрофы, политрофы и нематоды, ассоциирующие с растениями. Доминирующими родами, составляющими более 21% суммарной численности нематод, были *Cephalobus* (39%), *Lelenchus* (37.6%), *Tylencholaimus* (21.3%). По типу питания они являются бактерио- и микотрофами. В заболоченных биотопах в фауне преобладают нематоды из рода *Rhabditis* (31%).

Таблица 1. Разнообразие фауны островов архипелага Кузова в Белом море

Виды нематод	Встречаемость*	Трофическая группа	Положение на с-р шкале
<i>Lelenchus leptosoma</i>	11	Аср	2
<i>Aglenchus agricola</i>	11	Аср	2
<i>Coslenchus costatus</i>	11	Аср	2
<i>Malenchus bryophilus</i>	12	Аср	2
<i>Tylenchus davainei</i>	6	Аср	2
<i>Ecphyadophora</i> sp.	2	Пр	3
<i>Tylenchorhynchus</i> sp.	2	Пр	3
<i>Paratylenchus nanus</i>	3	Пр	2
<i>Nothocriconema</i> sp.	1	Пр	3
<i>Heterodera</i> sp.	3	Пр	3
<i>Aphelenchus avenae</i>	1	М	2
<i>Aphelenchoides</i> sp.	17	М	2
<i>Ditylenchus intermedius</i>	7	М	2
<i>Deladenus durus</i>	1	М	2
<i>Boleodorus</i> sp.	1	М	2
<i>Tylencholaimus stecki</i>	11	М	4
<i>Tylencholaimus mirabilis</i>	4	М	4
<i>Diphtherophora</i> sp.	4	М	2
<i>Nothotylenchus</i> sp.	2	М	2
<i>Rhabditis</i> sp.	10	Б	1
<i>Mesorhabditis</i> sp.	1	Б	1
<i>Fictor</i> sp.	3	Б	1
<i>Bunonema</i> sp.	2	Б	1
<i>Panagrolaimus rigidus</i>	4	Б	1
<i>Chiloplacus</i> sp.	1	Б	2
<i>Cephalobus labiatus</i>	15	Б	2
<i>Heterocephalobus elongatus</i>	5	Б	2
<i>Eucephalobus oxyuroides</i>	1	Б	2
<i>Acrobeles ciliatus</i>	4	Б	2
<i>Acrobeloides nanus</i>	1	Б	2
<i>Teratocephalus terrestris</i>	14	Б	3
<i>Metateratocephalus crassidens</i>	7	Б	3
<i>Tylocephalus auriculatus</i>	9	Б	2
<i>Anaplectus granulatus</i>	1	Б	2
<i>Plectus cirratus</i>	6	Б	2
<i>Plectus longicaudatus</i>	15	Б	2
<i>Plectus opisthocirculus</i>	1	Б	2
<i>Plectus parietinus</i>	5	Б	2
<i>Plectus parvus</i>	13	Б	2
<i>Ceratoplectus armatus</i>	2	Б	2
<i>Eumonhystera filiformis</i>	12	Б	2
<i>Monhystrella plectoides</i>	12	Б	2
<i>Prismatolaimus intermedius</i>	10	Б	3
<i>Prismatolaimus dolichurus</i>	2	Б	3
<i>Alaimus primitivus</i>	7	Б	4
<i>Odontolaimus chlorurus</i>	1	Б	3
<i>Rhabdolaimus terrestris</i>	2	Б	3
<i>Achromadora ruricola</i>	10	П	3
<i>Aporcelaimellus obtusicaudatus</i>	6	П	5
<i>Labronema</i> sp.	1	П	5
<i>Eudorylaimus brevis</i>	10	П	5
<i>Eudorylaimus carteri</i>	16	П	5
<i>Eudorylaimus ettersbergensis</i>	3	П	5
<i>Eudorylaimus paraobtusicaudatus</i>	6	П	5
<i>Eudorylaimus parvus</i>	1	П	5
<i>Eudorylaimus pratensis</i>	1	П	5
<i>Enchodelus</i> sp.	2	П	5
<i>Clarcus papillatus</i>	13	Х	4
<i>Trischistoma setifera</i>	2	Х	3
<i>Tobrilus</i> sp.	2	Х	3

* - количество биотопов (из 19), в которых обнаружен данный вид, род нематод

Обозначения: Б – бактериотрофы; М – микотрофы; П – политрофы; Аср – нематоды, ассоциирующие с растениями; Пр – паразиты растений; Х – хищные

Таблица 2. Характеристика исследованных биотопов и соотношение (%) эколого-трофических групп в сообществах нематод на острове Русский Кузов

Биотоп	Кол-во видов	Б	М	П	Асп	Пр	Х
Береза, низина	31	10.1	19.0	10.4	58.6	0.0	1.9
Сосна, береза ель на берегу моря	26	67.6	3.5	5.8	22.8	0.3	0.0
Береза, сосна на краю болота	24	23.2	22.1	22.3	14.0	0.0	18.4
Береза, сосна у подножья горы	23	28.0	27.3	7.0	19.8	1.3	16.6
Сосна, болото между горами	17	61.7	1.7	12.1	15.9	0.0	8.6
Береза, вереск, вершина горы	15	70.7	7.5	15.2	6.6	0.0	0.0

Обозначения те же, что в таблице 1.

Ранее при изучении московскими учеными фауны почвенных беспозвоночных островов Канда-лакшского залива Белого моря отмечалось, что наибольшее разнообразие фауны нематод также характерно для лесных биотопов (Бызова и др., 1986). Самый высокий показатель (37 видов нематод) установлен для березняка кустарничково-разнотравного.

Анализ фауны в биотопах островов архипелага, расположенных у подножья куполов, выявил сходство в структуре сообществ почвенных нематод (Табл. 3). Оно проявляется в доминировании нематод-бактериотрофов. Вторую позицию по плотности популяций чаще занимают нематоды, ассоциирующие с растениями. Более богатое видовое разнообразие фауны нематод на острове Немецкий Кузов связано с разнообразием растительности (Кравченко, 2002). Этот фактор обусловил изменение структуры сообществ нематод, когда представлены все 6 эколого-трофических групп и не отмечено ярко выраженного

доминирования нематод-бактериотрофов. В этом биотопе впервые отмечены представители облигатных паразитов растений (род *Paratylenchus*, *Heterodera*). На мелких островах (о. Средний) с лишайниковым и моховым покрытием скального грунта могут иметь численное преимущество представители политрофов (всеядных нематод) и хищные формы (Табл. 3).

На вершинах куполов с тундровой растительностью фауна нематод становится менее разнообразной (Табл. 4). Среди изученных биотопов на о. Куричь Нилокса наблюдалось большее видовое разнообразие фауны – 22 вида. Однако 9 из них представлены единичными экземплярами. Доминировали нематоды рода *Malenchus*, составляя 47.3% от общего количества нематод. На вершине о. Лодейный из 14 видов 5 также встречаются единично. Наибольшей численностью здесь обладали нематоды рода *Cephalobus* (25%).

Таблица 3. Эколого-трофические группы нематод (%) в биотопах, расположенных у подножья куполов

Биотопы	Кол-во видов	Б	М	П	Асп	Пр	Х
Русский Кузов	26	67.6	3.5	5.8	22.8	0.3	0.0
Немецкий Кузов	31	39.0	14.8	16.4	25.9	2.1	1.8
О-ва Вороньи	23	60.9	5.2	7.5	17.8	0.0	8.6
О. Верхний	25	60.6	17.5	14.6	5.5	0.2	1.6
О. Средний	9	55.2	2.7	30.0	0.0	0.0	12.1

Обозначения те же, что в таблице 1.

Таблица 4. Разнообразие фауны и структура сообществ нематод в биотопах, расположенных на вершинах островных куполов

Биотопы	Кол-во видов	Б	М	П	Асп	Пр	Х
Русский Кузов	15	70.7	7.5	15.2	6.6	0.0	0.0
Сетной	10	96.6	0.3	2.8	0.3	0.0	0.0
Куричь Нилокса	22	3.6	19.1	1.4	75.0	0.2	0.7
Лодейный	14	44.7	2.9	2.9	49.0	0.0	0.5
Средний	13	6.7	2.4	4.3	9.8	0.0	76.8

Обозначения те же, что в таблице 1.

Характерной особенностью биотопов, расположенных на вершинах куполов является супердоминирование отдельных видов. Примером могут служить показатели численности нематод рода *Cephalobus* (63%) на о. Русский Кузов, рода *Clarcus* (76.8%) в почвенных образцах о. Средний. Это обусловлено скудными пищевыми ресурсами, которые могут удовлетворять лишь определенные виды почвенных нематод. В зависимости от степени доминирования отдельных видов или родов нематод проявляется доминирование определенной эколого-трофической группы.

На острове Сетном нами была предпринята попытка отбора проб в биотопах, расположенных на разной высоте над уровнем моря: у подножья скалы, на высоте 15 м, 30 м и вершине скалы. Наибольшая численность нематод обнаружена в биотопах у подножья скалы (4220 экз./ 100 г почвы). Здесь отмечена и более разнообразная травянисто-кустарниковая растительность. На высоте 15 м по склону горы меняется тип растений: на голой скале имеются отдельные пятна мохово-лишайникового покрытия. Это отражается на плотности популяций нематод. Она имела самые низкие значения (65 экз./ 100 г почвы). На высоте 30 м над уровнем моря отмечены куртины растительности с большей толщиной почвенного слоя, что обусловило увеличение обилия

почвенных организмов. Численность нематод лишь в 1.5 раза была ниже, чем в биотопах у подножья. На вершине скалы с тундровой растительностью количество нематод в 100 граммовой навеске почвы было в 6.5 раз меньше, чем у подножья. Таким образом, наблюдается четкая вертикальная зависимость изменения плотности популяций нематод.

Структура сообществ нематод в биотопах, расположенных у подножья и на вершине скалы, резко различаются по доминированию нематод разных эколого-трофических групп (Табл. 5). У подножья преобладают нематоды из группы хищников, на вершине – бактериотрофы. В данном биотопе вновь обнаружено явление супердоминирования. Высокий процент хищных нематод (83.4%) обусловлен высокой численностью особей одного вида из рода *Trischistoma*. Эти нематоды могут питаться и водорослями, и другими мелкими почвенными организмами. На вершине доминируют по численности бактериотрофы из родов *Wilsonema* (45%) и *Cephalobus* (28%). Средняя зона скалы очень сходна по составу сообществ нематод, но имеет разные доминирующие виды. На высоте 15 м имеют высокую численность нематоды рода *Achromadora* (50.7%), на высоте 30 м – *Eudorylaimus carteri* (36.2%). Оба вида часто встречаются в биотопах с мохово-лишайниковым покрытием грунта.

Таблица 5. Характеристика биотопов о. Сетной, расположенных на разной высоте над уровнем моря

Биотопы	Кол-во видов	Б	М	П	Аср	Пр	Х
Подножье	8	15.0	1.6	0.0	0.0	0.0	83.4
Высота 15 м	5	50.7	0.0	30.8	18.5	0.0	0.0
Высота 30 м	17	51.8	0.0	36.2	8.1	3.4	0.5
Вершина горы	10	96.6	0.3	2.8	0.3	0.0	0.0

Обозначения те же, что в таблице 1.

На основе полученных материалов по разнообразию фауны нематод островов архипелага Кузова произведен анализ зрелости их сообществ с использованием индекса зрелости МІ, предложенного Бонгерсом (Bongers, 1990). Автором разработана шкала с – р, на которой располагаются роды нематод с показателями от 1 до 5. Низкие значения (1 и 2) имеют виды – колонизаторы, обладающие устойчивостью к неблагоприятным условиям среды. Это представители родов: *Rhabditis*, *Panagrolaimus*, *Cephalobus*, *Plectus*, *Aphelenchoides*, *Lelenchus*, *Malenchus* и др. Высокие показатели (4, 5) определены для видов – персисторов, чувствительных к ухудшению условий местообитания: *Dorylaimus*, *Eudorylaimus*, *Clarcus*. Специфичные паразиты растений имеют показатель с-р=3. Преобладание в фауне островов архипелага Кузова видов, родов нематод-бактериотрофов, микотрофов, неспецифичных фитогельминтов, обладающих значениями 1, 2 по шкале Бонгера, обусловило низкую степень зрелости сообществ нематод в большинстве изученных биотопов. Индекс МІ

колебался от 2.2 до 2.6. В лесных биотопах острова Русский Кузов показатель МІ возрастал до значений 2.7-2.9. Это указывает на обогащение фауны представителями таких трофических групп как политрофы, хищники.

Заключение

Исследование фауны островов архипелага Кузова показало, что большинство видов нематод являются географическими убиквидами, имеющими широкое распространение и встречающиеся в биотопозах с разнообразными условиями среды. Широко представлены бактериотрофы и всеядные, способные использовать в качестве пищи разные источники (эпидермальные клетки корешков растений, мицелий грибов, водоросли, мелких беспозвоночных). Практически не встречаются специфичные паразиты растений. Среди хищных нематод также преобладают виды, которые могут переходить с животной на растительную (водоросли) пищу. Следует отметить, что хищные нематоды в обычных матери-

ковых и островных сообществах не являются доминантами по численности. Однако в некоторых случаях они могут преобладать в фауне. Это происходит в биотопах, расположенных на скальном грунте с мохово-лишайниковым покрытием, имеющих очень слабый почвенный слой. Для фауны островов архипелага нами отмечен фактор супердоминирования отдельных видов, когда они составляют до 83 % от общего количества нематод. Преобладание в фауне видов-колонизаторов, способных быстро наращивать численность и устойчивых к неблагоприятным условиям среды; отсутствие специфичных паразитов растений, которые являются эволюционно более прогрессивными организмами; наличие в фауне островов большого количества единично представленных видов позволяют предположить, что острова архипелага Кузова являются как бы первой ступенькой заселения почвенными организмами, которые постепенно создают почвенный слой на каменистых куполах. Подтверждением данного предположения является относительно низкая степень зрелости сообществ нематод, наличие видов и родов, являющихся родоначальниками становления процессов развития фитобионтичности нематод.

Таким образом, конкретная экологическая обстановка является, по-видимому, главным фактором, влияющим на процесс расселения нематод, формирования их сообществ в данном биотопе, а также на степень зрелости сообщества почвенных нематод.

Литература

- Бызова Ю.Б., Уваров А.В., Губина В.Г. и др. 1986. Почвенные беспозвоночные беломорских островов Кандлакшского заповедника. М.: Наука. 312 с.
- Демидов И.Н. 2002. История развития ландшафтного заказника «Кузова» в Белом море в поздне- и послеледниковье // В сб.: Культурное и природное наследие островов Белого моря. Петрозаводск. С. 10-17.
- Кравченко А.В., Тимофеева В.В. 2002. Особенности флоры сосудистых растений архипелага Кузова // В сб.: Культурное и природное наследие островов Белого моря. Петрозаводск. С. 79-92.
- Парамонов А.А. 1962. Основы фитогельминтологии. М.: Изд-во АН СССР. Т. 1. С. 351-405.
- Шелехов А.М. 2002. Уникальные леса архипелага Кузова // В сб.: Культурное и природное наследие островов Белого моря. Петрозаводск. С. 75-78.
- Bongers T. 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition // *Oecologia*. 83. P. 14-19.
- Freckman D.W. 1999. Bacterivorous nematodes and organic-matter decomposition // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. V. 24. P. 195-217.
- Griffiths D.S., Ritz K., Wheatley R.E. 1994. Nematodes as indicators of enhanced microbiological activity in a Scottish organic farming system // *Soil Use and Management*. № 10. P. 20-24.
- Maxwell R.A., Coleman D.C. 1995. Seasonal dynamics of nematode and microbial biomass in soils of Riparian zone forests of the Southern Appalachians // *Soil. Biol. Biochem*. V. 27. № 1. P. 79-84.
- Yeates G.W., Bongers T., De Goede R.G.M., Freckman D.W. & Georgieva S.S. 1993. Feeding habits in soil nematode families and genera – An outline for soil ecologists // *Journ. of Nematology*. 25. P. 315-331.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 87-91.

ВНУТРИВИДОВАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СИГА ГУБЫ КЕРЕТЬ БЕЛОГО МОРЯ И ПРИЛЕЖАЩИХ ОЗЕР

П.А. ГУРИЧЕВ, И.Ю. БЕЛОУСОВ

Санкт-Петербургский государственный университет, С. Петербург

В статье представлены данные сравнительного анализа нескольких выборок сига *Coregonus lavaretus* L. из прибрежных участков губы Кереть Белого моря и озер, относящихся к бассейну губы Чупа (озера Кереть, Лоухское, Верхнее Пулонгское). Исследованы основные биологические показатели – особенности морфологии (число жаберных тычинок на первой жаберной дужке), размерно-возрастная структура, стадии зрелости гонад, возраст наступления половозрелости и плодовитость, особенности питания особей. Таким образом, всего было исследовано 5 популяций сига в данном регионе – проходные малотычинковые сиги бентофаги губы Кереть Белого моря (21-29 жаберных тычинок), малотычинковые сиги бентофаги озер Лоухское (18-31), Кереть (19-23), Верхнее Пулонгское (18-28), а также многотычинковая форма сигов планктонофагов Лоухского озера (38-43). Малотычинковые озерная форма характеризуется мелкими размерами, низкой плодовитостью и возрастной структурой до 13 лет, половозрелость их наступает в 4-6 лет при длине тела 22-26 см. Многотычинковая озерная форма сигов-планктонофагов отличается крупными размерами тела и более ранним созреванием – в 3-5 лет, но при большей длине тела – 30-35 см. Проходные сиги бентофаги губы Кереть в среднем крупнее озерных малотычинковых сигов, что связано с более обильными кормовыми ресурсами моря, но мельче многотычинковых. Половозрелость их наступает также в 4-6 лет при длине тела 30-32 см.

P.A. Gurichev & I.Yu. Belousov. Intraspecific differentiation of whitefish from Keret Gulf of the White Sea and surrounding lakes // 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. 87-91.

In this work the results of the comparative analysis of whitefishes from 5 populations on the basic biological parameters are given. The samples of passing whitefish from coastal sites of Keret Gulf of the White Sea and lakes Louhskoe, Keret, and Verhnee Pulongskoe are compared. There are two forms of whitefish that exist in Louhskoe lake: low-density-rakered (18-31 gillrakers), and high-density-rakered (38-42 gillrakers). Other populations in the rest of lakes are presented only in low-density-rakered forms with benthic feeding (20-31 gillrakers). High-density-rakered whitefish is characterized by large size and plankton feeding. Low-density-rakered whitefish usually has smaller average size for each age. Among the low-density-rakered forms, whitefish of the White Sea is largest, so as the sea fodder resources promote good growth. The maturing of whitefish lasts for 4-6 years, but they become matured at certain size of the body for each population.

Изучение внутривидовой изменчивости необходимо для понимания процессов микроэволюции. Несмотря на большое число работ, эта проблема до сих пор остается одной из наиболее актуальных. С другой стороны, изучение внутривидовой структуры является важнейшим моментом при разработке вопросов управления и рационального использования биологических ресурсов.

Для решения этих задач вид *Coregonus lavaretus* L. (обыкновенный сиг) – оптимальный объект, поскольку характеризуется высокой пластичностью, сложной структурой, является ценным промысловым видом и играет важную роль в северных экосистемах. Необходимо заметить, что в изучаемом регионе данный вид до сих пор остается недостаточно изученным. Так, единственной работой, где дано наиболее полное описание сигов водоемов Карелии, является сводка И.Ф. Правдина (1954), где автор описывает 43 разновидности, из

которых 18 имеют статус подвида, а остальные представляют группы более низкого ранга (natio, subnatio). Необходимо отметить, что таксономический статус некоторых форм был определен по 2-3 экземплярам для той или иной популяции сига. Таксономические единицы были выделены на основании как морфологических, так и биологических признаков. Основным морфологическим признаком принято считать число жаберных тычинок на первой жаберной дуге. Кроме того, сиги могут различаться по числу чешуй в боковой линии, некоторым пластическим промерам, темпу роста, питанию, сроками и местам нереста, при этом образуя озерные, озерно-речные, полупроходные и проходные формы (Правдин, 1954).

В последующие годы различные авторы предлагали собственные схемы внутривидового разнообразия сига, что приводило к путанице из-за отсутствия единого мнения в отношении этого вопроса.

Так, Г.Х. Шапошникова (1977) выделяет 16 подвидов на основании количества жаберных тычинок (7 мало-, 6 средне- и 3 многотычинковых подвида). По данным С.П. Китаева (1975), если учитывать только количество тычинок, то можно выделить 12 форм. Данный вид он разделял на три группы – мало, много и среднетычинковых сигов, которые разделены на две каждая – озерная и проходная форма, а они, в свою очередь, на крупные и мелкие формы (Китаев, 1975). В последствии автор предлагает разбить вид *Coregonus lavaretus* L. на 5 видов, поскольку нельзя объяснить такое разнообразие форм сига полиморфизмом (Китаев, 1983). С такой точкой зрения не согласен Ю.С. Решетников и предлагает собственную схему внутривидовой структуры, где выделяет только 6 подвидов (Решетников, 1980).

Г. Свердсон (1949, 1950, 1951, 1952, 1953) рассценивал формы сига как виды, основываясь не только на морфологических признаках, но и на основе таких признаков как темп роста, средняя продолжительность жизни, время и место нереста. Наряду с этим, в его работах есть данные об акклиматизации некоторых форм в другие водоемы, и при этом отмечалось изменение среднего числа жаберных тычинок, количества чешуй в боковой линии, питания и темпа роста сига (Svardson, 1952).

Важнейшим направлением в изучении формообразования сигов в последнее время является использование молекулярно-генетических методов. Как правило, среди различных популяций сига выявлялись основные генетические линии, образовавшиеся аллопатрически во время и после ледникового периода. Дальнейшее формообразование зачастую шло конвергентно за счет симпатрических механизмов. Это показано на сигах Ладожского озера, бассейна Онежского озера, бассейнов рек Печоры, Оби, Мезени, также сигах, обитающих в некоторых озерно-речных системах Северной Америки (Sendek, 2004; Bernatchez, 1999).

На сегодняшний день известно, что сиг отличается высокой пластичностью – при адаптации к различным экологическим условиям у него могут изменяться морфологические и биологические показатели. Таким образом, внешние изменения не всегда могут отражать изменения генетические. При таком подходе в один таксон могут попасть формы разные по происхождению, и наоборот, родственные формы, которые, например, произошли симпатрически можно отнести к разным таксонам.

Очевидно, что для решения вопросов микроэволюции и систематики сига необходимо изучение популяций различных акваторий, в частности акваторий Карелии. Первоочередным этапом должно стать изучение биологии и экологии сигов с целью выявления неоднородности внутри вида *Coregonus lavaretus*.

Цель данной работы – изучить дифференциацию вида *Coregonus lavaretus*, обитающего в районе губы Кереть Белого моря и ближайших озерах (озера Пулонгское, Лоухское, Кереть) на основе биологических показателей. Задачи работы:

- Анализ числа жаберных тычинок особей из различных выборок
- анализ размерно-возрастной структуры выборок
- характеристика стадий зрелости гонад и плодовитости
- анализ питания особей.

Материал и методика

Материал был собран летом (с конца мая – начала июня до конца августа – начала сентября) в прибрежных участках губы Кереть Белого моря и в реке Кереть с 1997 по 2004 г. (891 шт.); в озере Лоухском в мае-июне, июле и в конце августа в 2003-2004 гг. (39 шт.); озере Кереть в июне и сентябре 2004 г. (18 шт.); озере Верхнее Пулонгское в июне 2004 г. (24 шт.). Отлов производили ставными сетями с ячейей 27, 30, 33, 36, 40, 45 мм.

Жаберные тычинки были подсчитаны у всех озерных сигов и у 30 сигов Белого моря. По данному признаку проведен кластерный анализ по методу Варда, и построена дендрограмма сходства для 7 разовых выборок. Этот метод отличается от других тем, что для оценки расстояний между кластерами используются методы дисперсионного анализа. Метод минимизирует сумму квадратов для любых двух (гипотетических) кластеров, которые могут быть сформированы на каждом шаге (Ward, 1963).

Длину тела оценивали как расстояние от конца рыла до конца средних лучей хвостового плавника (АС). Возраст особей определяли по чешуе. Пол и состояние гонад определяли визуально согласно шкале стадий зрелости (Сакун, Буцкая, 1968). Индивидуальную плодовитость самок сига считали для сигов Лоухского озера и озера Кереть путем подсчета икринок в навеске и последующего пересчета на всю гонаду. Содержимое желудков для анализа питания сигов определяли визуально.

Результаты

Сиги губы Кереть Белого моря

Данного сига изучали на протяжении ряда лет (Ершов, 1995; Гуричев, Белоусов, 2002). Это малотычинковый полупроходной сиг, нагуливающийся в прибрежных участках моря с конца мая-начала июня до начала сентября. На нерест он заходит в р. Кереть примерно с середины июля до середины сентября. При этом в начале идут половозрелые особи старших возрастных групп, а после – неполовозрелая молодежь (Ершов, 1989, 1995). В нагульный период также отмечено омоложение размерно-возрастного состава выборок. Основу нагульного стада составляют впервые созревающие осо-

би (3+ - 6+) с гонадами во II и III стадии зрелости. Созревание самок сига происходит в 4-6 лет при длине тела около 32 см. Индивидуальная плодовитость самок составляет от 9306 до 26464 икринок (18122 в среднем) (Дирин и др., 1985). Отмечена межгодовая динамика возрастного и полового состава (Гуричев, Белоусов, 2002; Гуричев и др., 2003). Спектр питания данного сига представлен различными видами моллюсков, ракообразных, насекомых, а также нереисами и мальками колюшки (Кудерский, Эрастова, 1962).

Данный сиг характеризуется малым числом жаберных тычинок (21-29, в среднем 25,8). Размерно-возрастной состав представлен в таблице 1.

Сиги озера Верхнее Пулонгское

Данный сиг является озерным малотычинковым (жаберных тычинок 18-28 (22,2)) сигом бентофагом. В сравнении с одновозрастными сигами губы Кереть Белого моря особи данной популяции в среднем имеют меньшие размеры. Продолжительность их жизни составляет до 14 лет (таб.1). Из всей выборки 6 особей от 4 до 6 лет были неполовозрелые (II стадия зрелости), все остальные сиги (4+ - 13+) имели развитые гонады в III стадии зрелости. Таким образом, половозрелость особей данной популяции, по-видимому, наступает также в 4-6 лет при меньших размерах тела, чем у сига Белого моря. В июне - июле данный сиг ловится во всех прибрежных участках озера, где питается насекомыми и их личинками (основу питания составляли личинки рода *Megaloptera*).

Сиги озера Кереть

Летом в озере Кереть ловятся относительно мелкие малотычинковые сиги (жаберных тычинок 19-23 (20,5)), в питании которых представлены также насекомые и бентосные организмы (личинки насекомых, бокоплавы). Возраст особей составил от 3+ до 10+. В июне особи 5-8 лет от 24 до 30 см имели гонады в III стадии зрелости, а особи 3-4 лет 23-25 см во II и II-III стадии. В сентябре все сиги в возрасте от 4 до 10 лет и длиной тела от 26 до 30 см имели гонады близкие к IV стадии зрелости. Таким образом, половозрелость особей наступает в 4-6 лет при длине тела около 25 см, что не согласуется с данными ранних исследований, где говорится о созревании данного сига на 5-м году жизни при средней длине тела 18 см (Беляева, Новиков, 1959). Плодовитость самок относительно невелика – 3010-6110 икринок (по данным К.И. Беляевой и П.И. Новикова (1959) – от 3343 до 15933 икринок).

Сиги Лоухского озера

Нами было обнаружено 2 формы – мало- и многотычинковые сиги.

Малотычинковый сиг. Внешне они схожи с сигами озера Кереть и также представляют собой мелких сигов-бентофагов с малым числом жаберных тычинок (18-31 (24)). В желудках представле-

ны ракообразные (бокоплавы), различные насекомые и их личинки. Возраст особей составил от 3+ до 7+. В июне все особи имели гонады в III стадии зрелости, в конце августа – начале сентября гонады всех особей были близки к IV стадии. Их возраст составлял от 4+ - 6+, а длина тела от 22,2 до 29,2 см. Плодовитость самок в среднем меньше, чем у Керетьских сигов – 2226-4650 икринок.

Многотычинковый сиг. Данная форма отличается от малотычинковых сигов по ряду биологических показателей. На первой жаберной дуге у них насчитывается от 38 до 43 тычинок, при этом тычинки относительно длинные (максимальная жаберная тычинка укладывается в жаберной дуге около 2.5 – 3 раз, тогда как для малотычинковых сигов – 5-9 раз). В июле в уловах были представлены крупные особи 3+ - 5+ лет длиной тела от 30 до 47 см и весом от 300 до 1,5 кг, в желудках которых были представлены только планктонные организмы. Стадия зрелости у всех сигов – III. В конце августа были пойманы 2 неполовозрелые особи 24 и 26 см в возрасте 3+, пол которых определить визуально не удалось, и 2 особи 3 и 4 лет длиной тела 30,5 и 35 см с гонадами близкой к IV стадии зрелости. Данный факт говорит о зависимости наступления половозрелости от размеров рыбы, но с другой стороны это справедливо только для конкретной популяции, так как, например, малотычинковые сиги созревают при меньшей массе и длине тела. Это необходимо учитывать при установлении минимальной промысловой длины для сигов.

На рис.1 представлена дендрограмма сходства выборок сигов по числу жаберных тычинок. На первом уровне значимости произошло разделение мало- многотычинковых сигов, на следующем - сигов Белого моря и малотычинковых сигов Лоухского озера с сигами озера Кереть и Пулонгского озера. Примечательно, что на последнем уровне значимости произошло объединение разовых выборок в одни кластеры малотычинковых сигов из Лоухского озера и озера Кереть, взятых в разное время (Рис. 1).

Таким образом, в исследуемом регионе обитают популяции сига, отличающиеся как по морфологическим (жаберные тычинки), так и биологическим признакам. Можно четко выделить 2 формы – много и малотычинковые сиги. Первые за счет большего числа длинных жаберных тычинок способны питаться планктоном, что может быть причиной относительно быстрого увеличения размеров особей по сравнению с одновозрастными малотычинковыми сигами, обитающими симпатрически. Популяции малотычинковых сигов-бентофагов из прибрежных участков моря и из озер характеризуются различной размерно-возрастной структурой, что также, по-видимому, связано с условиями питания. Наиболее богатые кормом прибрежные участки моря способствуют

хорошему росту сига Белого моря. Озерные малотычинковые сиги характеризуются небольшой плодовитостью и представляют собой тугорослые формы. Созревание сигов из разных популяций происходит в 4-6 лет, но при разных размерах: созревание многотычинковых сигов происходит при длине тела свыше 30 см, сигов Белого моря –

около 30 см, малотычинковых сигов из изученных озер при длине тела 23-26 см. Таким образом, тезис о том, что созревание особи происходит при достижении определенных размеров (Решетников, 1966) подходит только для конкретной популяции и неприменим для всего вида.

Таблица 1. Размерно-возрастная структура выборок сига из различных популяций

Возраст	Оз. Кереть малотычинковые			Оз. Лоухское малотычинковые			Оз. Лоухское многотычинковые			В-Пулонгское оз. малотычинковые			Белое море малотычинковые		
	Шт.	АС (мм) мин.-макс.	Ср.	Шт.	АС (мм) мин.-макс.	Ср.	Шт.	АС (мм) мин.-макс.	Ср.	Шт.	АС (мм) мин.-макс.	Ср.	Шт.	АС (мм) мин.-макс.	Ср.
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	195	
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	95	<u>252.1</u>	
3	1	224		2	<u>246.5</u>		3	<u>285</u>		-	-		275	<u>278.4</u>	
4	7	<u>254.7</u>		9	<u>240</u>		6	<u>325.5</u>		5	<u>254</u>		232	<u>305.8</u>	
5	5	<u>265.2</u>		6	<u>253.5</u>		3	<u>402.3</u>		6	<u>266</u>		148	<u>327.3</u>	
6	3	<u>278.5</u>		7	<u>252.1</u>		-	-		4	<u>290.7</u>		69	<u>356.3</u>	
7	-	-		2	<u>236.5</u>		-	-		4	<u>302.5</u>		29	<u>384.2</u>	
8	1	300		-	-		-	-		2	<u>321.5</u>		14	<u>390.3</u>	
9	-	-		-	-		-	-		1	360		5	<u>432.6</u>	
10	1	300		-	-		-	-		1	357		1	438	
13	-	-		-	-		-	-		1	385		-	-	

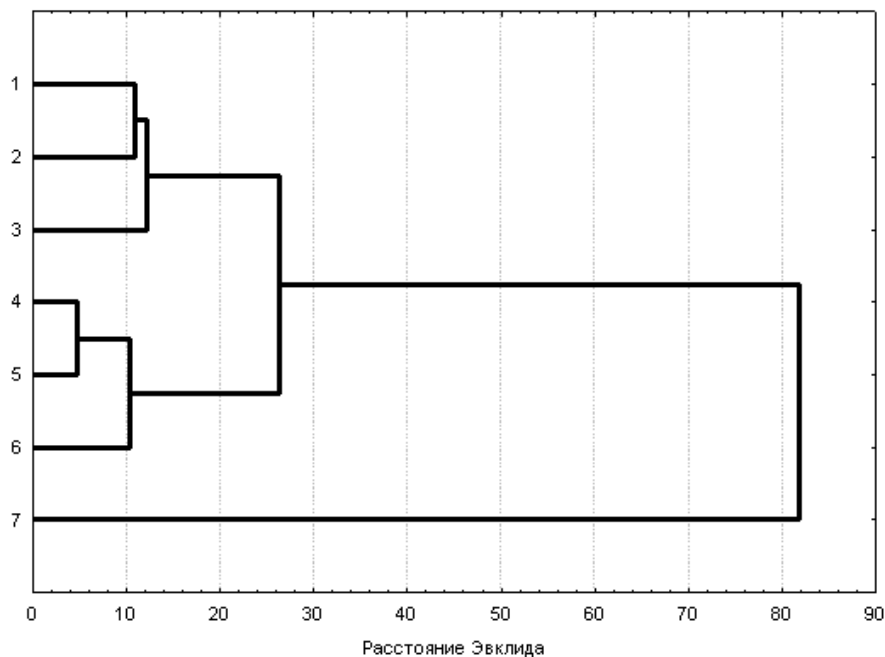


Рис. 1. Дендрограмма сходства по числу жаберных тычинок для различных выборок сигов:

1 – Лоухское озеро, малотычинковые 2004 г., 2 – Лоухское озеро, малотычинковые 2003 г., 3 – Белое море, 4 – Озеро Кереть, июнь, 5 – Озеро Кереть, сентябрь, 6 – Озеро Пулонгское, 7 – Озеро Лоухское, многотычинковые

Литература

- Беляева К.И., Новиков П.И. 1959. Оз. Керетьозеро // Озера Карелии (справочник). Петрозаводск. С. 577-587.
- Гуричев П.А., Белоусов И.Ю. 2002. Изменение структуры прибрежных стад сига Керетской губы Белого моря // Вестник СПбГУ. Сер.3, вып. 4. № 27. С. 96-100.
- Гуричев П.А., Анацкий С.Ю., Белоусов И.Ю. 2003. Нагульное стадо сига Керетской губы Белого моря // Тез. докл. IV Научной сессии МБС СПбГУ. СПб. С. 27-28.
- Дирин Д.К., Тарасова В.А., Мурина И.В. 1985. О биологии и промысле беломорского сига *Coregonus lavaretus pidschian natio pidschianoides* Pravdin. // Исследования популяционной биологии и экологии лососевых рыб водоемов Севера. -Л.: Зоол. ин-т АН СССР. С. 120-134.
- Ершов П.Н., Дирин Д.К. 1995. Сиг // Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования, ч.2 (Белое море). СПб. С. 88-103.
- Кутаев С.П. 1975. Морфоэкологическая структура вида *Coregonus lavaretus* (L.). // Отчетная сессия ученого совета СевНИОРХ по итогам работ 1973-1974 гг. Петрозаводск. С. 78-80.
- Кутаев С.П. 1983. К систематике *Coregonus lavaretus* complex Евразии // в кн. Лососевые (*Salmonidae*) Карелии. Петрозаводск. С. 18-42.
- Кудерский Л.А., Эрастова В.М. 1962. Материалы по питанию беломорского сига (*Coregonus lavaretus pidschian u. pidschianoides* Pravdin) // Вопр. Ихтиологии. Т. 2, Вып. 3, С. 506-510.
- Правдин И.Ф. 1954. Сиги водоемов Карельской АССР. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 324 с.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М., 376 с.
- Решетников Ю.С. 1966. Особенности роста и созревания сигов в водоемах севера // Закономерности динамики численности рыб Белого моря и его бассейна. М.: Наука. С. 93-155.
- Решетников Ю.С. 1980. Экология и систематика сиговых рыб. М.: Наука. 301 с.
- Сакун О.Ф., Буцкая Н.А. 1968. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб. Мурманск. 48 с.
- Шапошникова Г.Х. 1977. История расселения сигов полиморфного вида *Coregonus lavaretus* и некоторые соображения об его внутривидовой дифференциации // в кн. Основы классификации и филогении лососевых рыб. Л. С.78-86.
- Bernatchez L., A. Chouinard, G. Lu. 1999. Integrating molecular genetics and ecology in studies of adaptive radiation: whitefish, *Coregonus*, as a case study. Biological Journal of the Linnean Society. P. 173-194.
- Sendek D. 2004. The origin forms of European whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) in Lake Ladoga based on comparative genetic analysis of populations in North-West Russia // Ann. Zool. Fennici 41. P. 25-39.
- Svardson G. 1949. Some general aspects of the problem // The coregonid problem I. Lund. P. 89-101.
- Svardson G. 1950 Morphology of two coregonid species in different environments // The coregonid problem II. Lund. P. 151-162.
- Svardson G. 1951. Whitefish from the Baltic, successfully introduced into fresh Waters in the North of Sweden // The coregonid problem III. Lund. P. 79-125.
- Svardson G. 1952. The significance of scales and gillrakers // The coregonid problem IV. Lund. P. 204-232.
- Svardson G. 1953 Sympatric whitefish species of the lakes Idsjon, Storsjon and Hornavan // The coregonid problem V. Lund. P. 141-166.
- Ward J.H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function // Journal of the American Statistical Association. № 58. 236 p.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 92-96.

КОНЦЕНТРАЦИЯ ХАЛЬКОФИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (HG, CD, PB, AS) В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ВОДОСБОРА БЕЛОГО МОРЯ В ПРЕДЕЛАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

В.А. ДАУВАЛЬТЕР

Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН, Апатиты

В результате исследований химического состава донных отложений озер водосбора Белого моря в пределах Кольского полуострова установлено увеличение концентраций халькофильных элементов (Hg, Cd, Pb и As) во всех исследуемых водных объектах вне зависимости от того, испытывают ли они аэротехногенную нагрузку или принимают сточные воды промышленных предприятий. Эти элементы в последние десятилетия приобрели статус глобальных загрязняющих элементов. Мощность загрязненного слоя донных отложений зависит от скорости осадконакопления и находится в пределах от 1 до 15 см. Увеличение содержания Pb происходит с конца XIX столетия до начала индустриальной деятельности на Кольском полуострове. Начальный этап накопления Pb может быть связан с переносом загрязненных воздушных масс из индустриальной Европы. Заметное увеличение концентраций Cd датируется 30-40 гг. XX столетия и повышенная аккумуляция этого элемента происходит в поверхностном слое. Повышенные концентрации халькофильных элементов в донных отложениях самого крупного озера Кольского полуострова Имандра зафиксированы в верхних 10 см. Превышение содержания в современных слоях донных отложениях по сравнению с фоновыми концентрациями составило 7, 5, 7 и 4 раза для Hg, Cd, Pb и As соответственно.

V.A. Dauvalter. Concentrations of chalkophilous elements (Hg, Cd, Pb and As) in sediments of water reservoirs of the White Sea watershed within the Kola Peninsula // 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. 92-96.

In results of investigations of chemical composition of lake sediments of the White Sea watershed within the Kola Peninsula the increase of concentrations of chalkophilous elements (Hg, Cd, Pb and As) in all investigated water reservoirs was established without dependence from whether they subject to air loading or accept sewage waters of the industrial enterprises. These elements last decades have got the status of global polluting elements. Thickness of the polluted sediment layer depends on sedimentation rate and ranges from 1 up to 15 cm. The increase of Pb content occurs from the end of XIX century to the beginning of industrial activity on the Kola Peninsula. The initial stage of Pb accumulation can be connected with transition of the polluted air masses from the industrial Europe. The appreciable increase of Cd concentration is dated 30-40 of XX century and the increased accumulation of this element occurs in the superficial layer. The increased concentrations of chalkophilous elements in sediments of the largest lake of Kola Peninsula Imandra are noticed in the top 10 cm layer. Excess of the contents in modern sediment layers compared to background concentrations consists 7, 5, 7 and 4 times for Hg, Cd, Pb and As respectively.

Север Европейской части России, в том числе и Мурманская область, обладает уникальными минерально-сырьевыми ресурсами. На территории Мурманской области находятся крупнейшие в стране горнодобывающие, горно-перерабатывающие и горно-металлургические предприятия, ежегодно извлекающие на поверхность земли миллионы тонн горных пород и выбрасывающие в атмосферу и сбрасывающие в водоемы и водотоки тысячи тонн загрязняющих веществ, в том числе высокотоксичных соединений металлов и органических загрязнителей.

Среди загрязняющих веществ чрезвычайно опасными для природы и для человека являются тяжелые металлы, в первую очередь высокотоксичные халькофильные элементы (Hg, Cd, Pb, As), способные мигрировать в воздушной и водной средах на значительные расстояния благодаря своим внут-

ренним и внешним геохимическим особенностям (например, относительно низкой температурой плавления, большой способностью образовывать металлоорганические комплексы и т.д.). Эти элементы в последние десятилетия приобрели статус глобальных загрязняющих элементов. Несмотря на большое количество источников загрязнения халькофильными элементами в мире, в том числе и на Севере Европейской части России, очень мало информации по содержанию этих загрязняющих веществ в окружающей среде, и в водных системах в частности. В первую очередь это связано с очень малым содержанием этих элементов в воде, донных отложениях (ДО) и гидробионтах и сложностью их определения в этих средах.

Как известно, водоемы служат коллекторами всех видов загрязнения. ДО накапливают сведения о

потоках элементов в биосфере в историческом срезе (Förstner, Wittmann, 1981; Melnikov, 1991). Они являются важным источником информации о прошлых климатических, геохимических, экологических условиях, существующих на водосборе и в самом водоеме, позволяют оценить современное экологическое состояние воздушной и водной сред. ДО озера формируются главным образом из материала, поступающего из атмосферы и с территории водосбора и синтезируемого в воде озера, поэтому химический состав ДО является отражением характерных особенностей водосбора и самого озера. Следовательно, химический анализ ДО может дать много полезной информации как о самом озере, так и об окружающей озеро территории. Более того, анализ ДО всегда означает объединение определенного периода времени, продолжительность которого зависит от толщины анализируемого слоя ДО и от скорости осадконакопления. Таким образом, анализ ДО дает информацию за более продолжительный период времени, чем анализ воды, характеризующий только качество воды в момент отбора проб (Моисеенко и др., 1997). Когда химические анализы используются вместе с методикой радиометрического датирования (^{210}Pb , ^{14}C), то могут быть оценены исторические изменения качества воды во времени.

Для оценки современного состояния поверхностных вод и изучения истории развития и загрязнения халькофильными элементами территории водосбора Белого моря в пределах Кольского полуострова отбирались ДО отборником открытого гравитационного типа (внутренний диаметр 44 мм) с автоматически закрывающейся диафрагмой (Skogheim, 1979), с последующим разделением колонок на 1-см слои. Концентрации халькофильных элементов в ДО определялись в растворах методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии после обработки проб концентрированной азотной кислотой (Dauvalter, 1994).

Повышенные содержания и скорости аккумуляции халькофильных элементов в ДО, датированных последним столетием, обнаружены при исследовании Северной Фенноскандии в российских и норвежских озерах (Norton et al., 1996). Более высокие концентрации Pb в ДО в основном не связаны с выбросами металлургических комбинатов. Увеличение содержания Pb датируется временем, слишком ранним, чтобы быть связанным с любой индустриальной деятельностью в Скандинавии. Имеются данные по ДО озер южной части Швеции об атмосферном загрязнении Pb в результате его интенсивного производства и использования в Европе, начиная со времен цивилизаций древних Греции и Рима (Renberg et al., 1994). Отмечено, что атмосферные выпадения Pb увеличились по сравнению с фоновыми значениями более чем 2600 лет назад (на глубине ДО от 1.5 до 4 м). Существует незначительное, но заметное увеличение осаждения Pb около 2000 лет назад, более существенное увеличение происходило примерно 1000 лет назад, ускоренная аккумуля-

ция началась в XIX и особенно в XX вв. Максимальная аккумуляция приходится на 1970-е годы. До индустриализации XIX в. концентрации Pb в ДО озер южной части Швеции уже увеличились в результате атмосферных выпадений в 10-30 раз по сравнению с фоновым уровнем.

В Северной Америке скорость аккумуляции Pb в ДО озер увеличивается последовательно с 1850-1875 гг. до 1975 г., и затем уменьшается до настоящего времени (Norton et al., 1990). В Европе увеличение подобно вышеописанному, но резкое увеличение начинается на 50-75 лет раньше. Pb антропогенного происхождения имеет много источников, включая металлургию, стекольные заводы и использование тетраэтил Pb в качестве антидетонационной добавки к бензину. Прекращение использования последнего вызвало снижение объема выпадений Pb в Северной Америке и Западной Европе. Увеличение концентраций Pb может быть связано с трансграничным переносом Pb из источников в Северной Америке и южных регионов Европы. Абсолютные значения скоростей аккумуляции Pb меньше в северных регионах Норвегии, чем в южной части страны (Norton, Hess, 1980), а также на юге Северной Америки (Norton et al., 1990). Незначительное увеличение концентраций Pb в ДО в восточной части провинции Финмарк (Норвегия) обнаруживается вследствие относительно низкой скорости аккумуляции ДО в озерах и очень низкими фоновыми концентрациями Pb.

В колонке ДО горного озера водосбора оз. Чунозера определен возраст современных слоев за последние 200 лет радиометрическим методом в Ливерпульском Университете, Великобритания на основе хронологии ^{210}Pb (Solovieva, Jones, 2002), используя модели датирования CRS и CIC (Appleby et al., 1986). Ретроспективный анализ геохимического состава ДО горного озера выявил аккумуляцию Cd и Pb в XX столетии (Рис. 1) несмотря на их низкие содержания в воде. С конца XIX столетия происходит увеличение накопления Pb. В этот период Кольский Север был не освоенной территорией и начальный этап накопления Pb может быть связан с переносом загрязненных воздушных масс из индустриальной Европы. К концу XIX столетия отмечается снижение концентрации Cd и последующее увеличение к 30-40 годам XX столетия, некоторое снижение к середине 70-х и повышенная аккумуляция в поверхностном слое. Накопление Ni, Cu и Co отмечается с 40-х годов и однозначно связано с индустриальным развитием Кольского региона и началом функционирования плавильных цехов по переработке медно-никелевых руд в г. Мончегорске, расположенных на расстоянии более 20 км к востоку от горного озера (Моисеенко и др., 2000).

Увеличение концентраций тяжелых металлов, в том числе и халькофильных элементов, отрицательно сказалось на экологическом состоянии озера. Согласно исследованиям сообщества хирономид в горном озере было выделено три стадии их развития

(Pyashuk, Pyashuk, 2001): 1 – природного онтогенеза (до ~ 1945 г.), 2 – начальная стадия антропогенного онтогенеза (~ 1945 - ~ 1982 гг.), 3 – антропогенного онтогенеза (после ~ 1982 г.).

Подобное распределение концентраций халькофильных элементов было отмечено в донных отложениях оз. Чунозера, расположенного на территории Лапландского государственного биосферного заповедника и испытывающего аэротехногенное загрязнение, главным образом, выбросами комбината «Североникель». Вследствие большей скорости осадконакопления в оз. Чунозеро заметное увеличение концентраций Pb отмечается на глубине 15 см (Рис. 2), в то время как в донных отложениях горного озера рост содержания этого халькофильного элемента зафиксирован в слое 5-6 см, который по времени осадконакопления соответствует концу XIX столетия.

Самое большое озеро Кольского полуострова – Имандра – загрязняется промышленными стоками и атмосферными выбросами крупнейших предприятий горно-металлургической промышленности – комбинат «Североникель», ОАО «Апатит», Олене-

горский ГОК, и хозяйственно-бытовыми стоками населенных пунктов на водосборе озера. Озеро испытывает интенсивную антропогенную нагрузку в течение более 70 лет, что привело к изменению химического состава как воды, так и ДО. Повышенные концентрации халькофильных элементов в ДО оз. Имандра зафиксированы в верхних 10 см (Рис. 3). Превышение содержания в современных слоях ДО по сравнению с фоновыми концентрациями (в слоях глубже 10 см ДО) составило 7, 5, 7 и 4 раза для Hg, Cd, Pb и As соответственно.

Озеро Верхнее Чалмозеро, входящее в систему Пиренгских озер и расположенное на территории водосбора оз. Имандра, испытывает главным образом аэротехногенную нагрузку, хотя через реки Ковдора и Ена в него поступают стоки Ковдорского ГОКа. Вероятно, скорость осадконакопления в оз. В. Чалмозеро самая малая из всех вышеописанных озер, поэтому увеличение концентраций халькофильных элементов в ДО оз. В. Чалмозеро зафиксировано только в верхнем 1-2-см слое (Рис. 3). Содержание Hg, Cd, Pb и As в поверхностном слое ДО увеличилось в 3.3, 2.3, 1.9 и 5.4 раза соответственно.

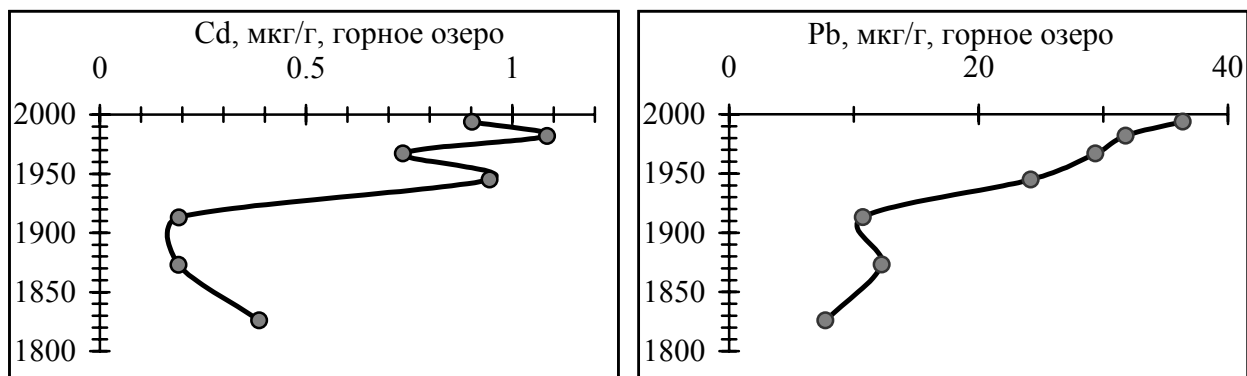


Рис. 1. Вертикальное распределение концентраций (мкг/г сух. веса) Cd и Pb в датированных донных отложениях горного озера (водосбор Чунозера)

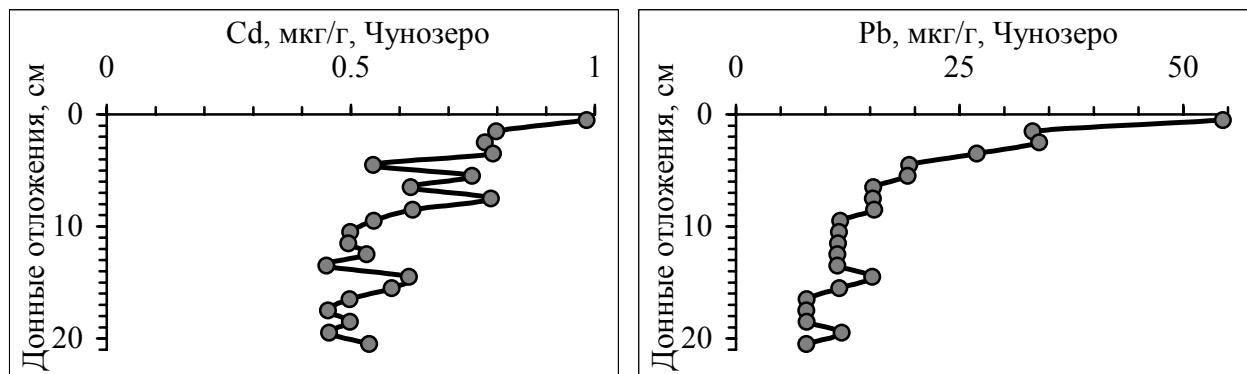


Рис. 2. Вертикальное распределение концентраций (мкг/г сух. веса) халькофильных элементов в донных отложениях оз. Чунозера

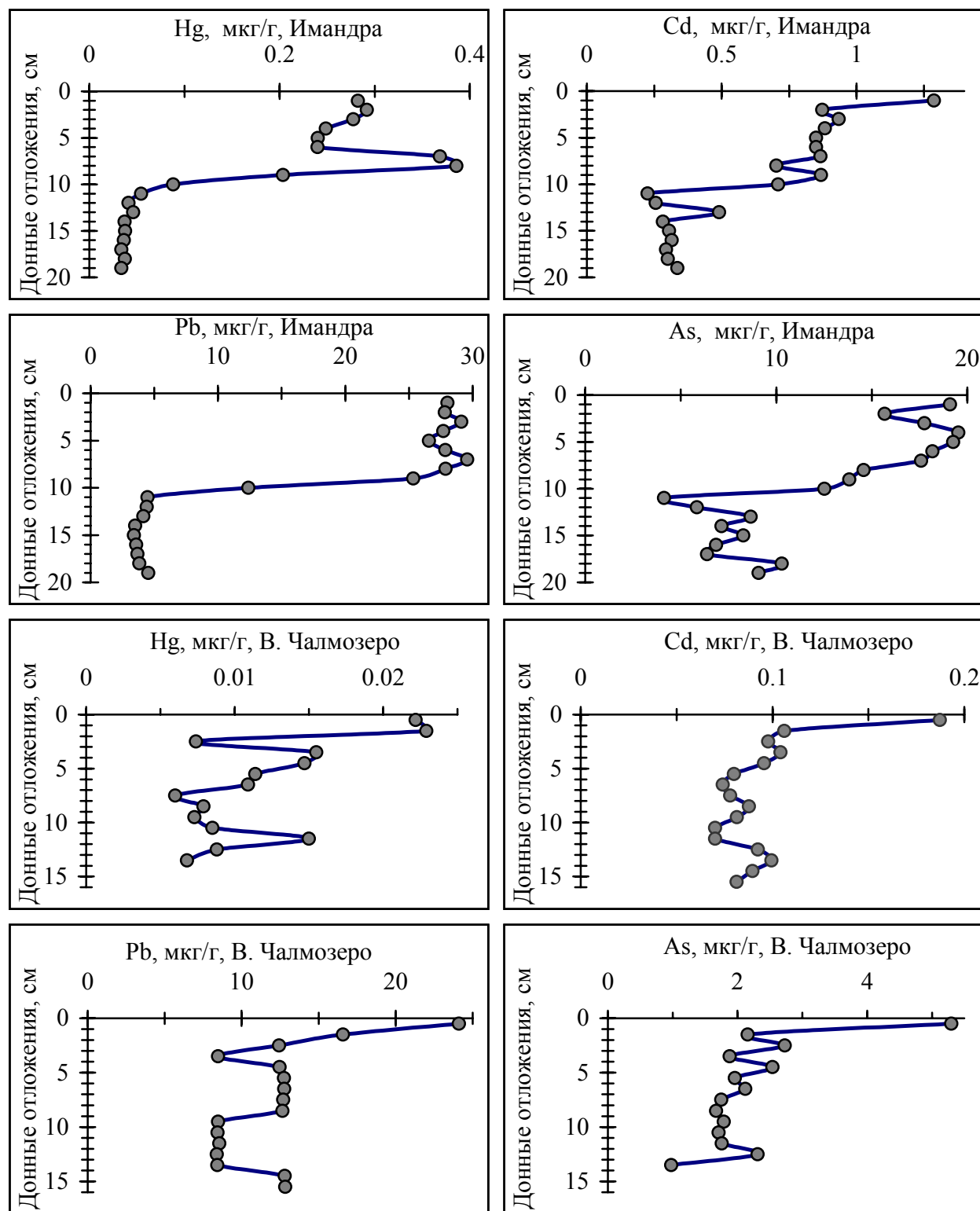


Рис. 3. Вертикальное распределение концентраций (мкг/г сух. веса) халькофильных элементов в донных отложениях озер Имандра и Верхнее Чалмозеро

Таким образом, в результате исследований химического состава ДО озер водосбора Белого моря в пределах Кольского полуострова установлено увеличение концентраций халькофильных элементов (Hg, Cd, Pb и As) во всех исследуемых водных объ-

ектов вне зависимости от того, испытывают ли они аэротехногенную нагрузку или принимают сточные воды промышленных предприятий. Эти элементы в последние десятилетия приобрели статус глобальных загрязняющих элементов. Мощность загряз-

ненного слоя ДО зависит от скорости осадконакопления и находится в пределах от 1 до 15 см. Увеличение содержания Pb происходит с конца XIX столетия до начала индустриальной деятельности на Кольском полуострове. Начальный этап накопления Pb может быть связан с переносом загрязненных воздушных масс из индустриальной Европы. Заметное увеличение концентраций Cd датируется 30-40 гг. XX столетия и повышенная аккумуляция этого элемента происходит в поверхностном слое. Повышенные концентрации халькофильных элементов в ДО самого крупного озера Кольского полуострова Имандра зафиксированы в верхних 10 см. Превышение содержания в современных слоях ДО по сравнению с фоновыми концентрациями составило 7, 5, 7 и 4 раза для Hg, Cd, Pb и As соответственно.

Результаты исследований могут быть использованы для оценки экологического состояния пресноводных экосистем Севера Европейской части России, и главным образом для:

- 1) определения санитарного состояния водоемов и их пригодности для снабжения питьевой водой;
- 2) планирования и реализации природоохранных мероприятий на территории Мурманской области;
- 3) проведения комплексных исследований по оценке вклада различных производств в поступление радионуклидов и загрязняющих элементов, в том числе халькофильных элементов, в поверхностные воды;
- 4) создания сети мониторинга загрязнения водных экосистем Севера Европейской части России;
- 5) определения экологического состояния водоемов с точки зрения их пригодности к промышленному рыбоводству.

Литература

- Моисеенко Т.И., Даувальтер В.А., Родюшкин И.В. 1997. Геохимическая миграция элементов в субарктическом водоеме (на примере озера Имандра). Апатиты: Изд-во КНЦ. 127 с.
- Моисеенко Т.И., Даувальтер В.А., Ильяшук Б.П., Каган Л.Я., Ильяшук Е.А. 2000. Палеоэкологическая реконструкция антропогенной нагрузки // Доклады академии наук. Т. 370, № 1. С. 115-118.
- Appleby P.G., Nolan P., Gifford D.W., Godfrey M.J., Oldfield F., Anderson N.J., Batterby R.W. 1986. ^{210}Pb dating by low background gamma counting // *Hydrobiologia*. Vol. 141. P. 21-27.
- Dauvalter V. 1994. Heavy metals in lake sediments of the Kola peninsula, Russia // *Sci. Total Environ.* Vol. 158. P. 51-61.
- Förstner U., Wittmann G.T.W. 1981. Metal Pollution in the Aquatic Environment. N.Y.: Springer-Verlag, 2nd revised edition. 486 p.
- Ilyashuk B.P., Ilyashuk E.A. 2001. Response of alpine chironomid communities (Lake Chuna, Kola Peninsula, northwestern Russia) to atmospheric contamination // *J. Paleolim.* Vol. 25. P. 467-475.
- Melnikov S.A. 1991. Report on heavy metals // State of the Arctic Environment. Rovaniemi: Arctic Centre Publications. P. 82-153.
- Norton S.A., Dillon P.J., Evans R.D., Mierle G., Kahl J.S. 1990. The history of atmospheric deposition of Cd, Hg and Pb in North America: Evidence from lake and peat bog sediments // Lindberg S. E. et al. (Eds.). Sources, Deposition and Capony Interactions. V. III, Acidic Precipitation. N.Y.: Springer-Verlag. P. 73- 101.
- Norton S.A., Hess C.T. 1980. Atmospheric deposition in Norway during the last 300 years as recorded in SNSF lake sediments: I. Sediment dating and chemical stratigraphy // *Proc. Intern. Ecol. Impact of Acidic Precipitation, SNSF-project, Sandefjorden, Norway*. P. 274-275.
- Norton S.A., Appleby P.G., Dauvalter V., Traaen T.S. 1996. Trace metal pollution in eastern Finnmark, Norway and Kola Peninsula, Northeastern Russia as evidences by studies of lake sediment. Oslo: NIVA-Report 41/1996. 18 p.
- Renberg I., Persson M.W., Emteryd O. 1994. Pre-industrial atmospheric lead contamination detected in Swedish lake sediments // *Nature*. Vol. 368. P. 323-326.
- Skogheim O.K. 1979. Rapport fra Arungenprosjektet. Oslo: As- NLH, Nr. 2. 7 p.
- Solovieva N., Jones V.J. 2002. A multiproxy record of Holocene environment changes in the Central Kola Peninsula, northwest Russia // *J. Quaternary Sci.* Vol. 17. P. 303-318.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 97-100

РОЛЬ ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ РАЗВИТИИ СОЛОВЕЦКОГО АРХИПЕЛАГА

Г.А. ДВОРЯНКИН¹, А.Н. СОБОЛЕВ²

¹ *Северный филиал Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (СевПИНРО), Архангельск*

² *Соловецкий государственный историко-архитектурный и природный музей-заповедник, п. Соловки*

Дана краткая характеристика озер Большого Соловецкого острова. Показана важная роль внутренних водоемов в освоении архипелага и социально-экономическом развитии местного населения. Сделан обзор формирования рыбного сообщества пресноводных экосистем Соловецких островов, роль акклиматизационных работ в изменении структуры ихтиоценозов. Впервые дана оценка состояния промысла на внутренних водоемах архипелага. Перечислены пути повышения рыбопродуктивности Соловецких озер. Как наиболее перспективные рекомендованы озерное рыбоводство и садковое выращивание рыбы. Указаны наиболее подходящие для культивирования виды – пелядь и радужная форель. Подчеркнута потребность сохранения уникальной природы Соловецких островов, необходимость использования экологически чистых технологий при использовании озер в рыбоводных целях и постоянного экологического мониторинга внутренних водоемов архипелага.

G.A. Dvoryankin & A.N. Sobolev. The role of freshwater ecosystems in socio economic development of Solovetsky archipelago // 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. 97-100.

The paper gives brief characteristic of the lakes of Bolshoy Solovetsky Archipelago. Important role of internal reservoirs in the development of Solovetsky Archipelago and socio-economic development of local population is shown. On the basis of literature and author's research the formation of fish community in the lakes of Solovetsky Archipelago is reviewed, its features are specified, and the role of acclimatization works in the change of fish community structure in freshwater reservoirs of archipelago is shown. Expert estimation of a fishery status of the lakes of archipelago for the first time is made. The ways to increase fish production are suggested. Pisciculture and fishing-crib fish farms are recommended as the most promising. The best species for this purpose are pelyad and rainbow trout. The necessity of conservation of unique nature of archipelago Solovetsky, uses of ecologically pure technologies and constant ecological monitoring of lakes used for a fish culture is emphasized.

История освоения архипелага людьми всегда была неразрывно связана с пресноводной экосистемой архипелага. Именно на берегу озера, позже названного Святым, в середине XV века был заложен известный Соловецкий монастырь. Ресурсы внутренних водоемов Соловецких островов фактически стали фундаментом для социально-экономического развития архипелага, а Соловецкий монастырь сделали одним из богатейших и наиболее влиятельных монастырей России.

Освоение и использование водных ресурсов Соловецкого архипелага получает особое развитие в середине XVI в., в период управления монастырем игуменом Филиппом (1548-1566), впоследствии известного церковного и политического деятеля, митрополита Московского. Водопроводные каналы шириной до 1,5 м, глубиной до 1 м объединили около 50 озер в единую систему, питающую озеро Святое (Совалев, 2000а). Безусловно, строительство такой крупномасштабной водозаборно-энергетической системы потребовала от ее создателей хороших знаний

топографических условий острова и выработки общего замысла всей системы и, наконец, проведения сложных инженерных работ по сооружению каналов в сложных условиях пересеченного рельефа и высокой заболоченности местности. Широкому распространению гидротехнических сооружений в монастырском хозяйстве способствовали благоприятные для этого характеристики водных ресурсов архипелага: большое количество озер, взаимное расположение водоемов на небольшом расстоянии и разных уровнях, а также удачный выбор местоположения монастыря.

Использование энергии водосброса из озера Святого в бухту Благополучия получило дальнейшее развитие в последующее время. В конце XVIII в. начинается строительство гидротехнических сооружений на канале, расположенном за южной стеной монастыря и получившим название «Вешняк». В 1843-1846 г.г. при впадении этого канала в бухту Благополучия был возведен новый гранитный док для ремонта и постройки судов. Соловецкий док

имел отличительную особенность, которая выделяла его среди подобных сооружений России. Во время прилива вода наполняла док с находящимся там судном, после чего входные ворота закрывались и начинала поступать озерная вода из водораспределительного бассейна. При достижении достаточно высокого уровня воды в доке, судно отводилось в район платформы сухого дока и устанавливалось там. После сброса воды оно оставалось на сухой платформе (История..., 1992). Новый соловецкий док вошел в число лучших доков Русского Севера, стал предметом законной гордости его строителей. В XIX – начале XX вв. в доке ремонтировались десятки больших и малых монастырских судов, строились мореходные шхуны и пароходы.

В 1912 г., на этом же канале была сооружена гидроэлектростанция, ставшая первой гидроэлектростанцией в истории Русского Севера. Мощность ее достигала 60 квт и была достаточна для обеспечения электроэнергией основных зданий монастыря.

Последним сооружением, завершившим многовековую историю гидротехнического строительства на внутренних водоемах Соловецких островов, стала судоходная озерно-канальная система. Ее строительство велось на протяжении 12 лет: с 1906 по 1918 гг. Сооруженные в этот период каналы проходили в основном по руслам древних «филипповских» каналов, но, в отличие от них, имели большие размеры и фундаментальность. Судоходные каналы объединяли между собой 10 озер Соловецкого острова: общая протяженность всей системы достигла 12 км, из них на каналы приходится 1,64 км. По сооруженным каналам курсировал паровой катер, перевозивший богомольцев и различные грузы (Совалев, 2000а).

Уникальная озерно-канальная система, обеспечивая монастырь гидроресурсами, транспортными путями и постоянным притоком свежей питьевой воды, имела и имеет важное природоохранное значение. Органично вписываясь в природный ландшафт архипелага, эта система не только не нарушает экологическое равновесие природы Большого Соловецкого острова, но и качественно совершенствует ее, препятствуя заболачиванию приозерных лугов и лесов, улучшая гидрологические и гидрохимические показатели озер путем увеличения их проточности, повышая пожарную безопасность лесов устройством преград распространения огня и, в целом, эстетически облагораживая ландшафт острова (Натыгин, Никишин, 1991).

Со времени образования монастыря озера служили источником пищи для монахов и многочисленных паломников. Рыба ловилась на всех крупных островах архипелага, но основным районом озерного промысла стала озерно-канальная система. Аборигенная ихтиофауна внутренних водоемов архипелага была представлена всего 7 видами рыб: щукой, налимом, окунем, плотвой, ершом и колюшками – трехиглой и девятиглой. При этом их численность

никогда не была большой, и, в целом, озера не отличались высокой продуктивностью. Еще в середине XIX в. архимандрит Досифей писал о том, что «15 монахов едва налавливали за неделю на братскую уху» (Досифей, 1836). По имеющимся литературным сведениям, ежегодные уловы в среднем составляли не более 2-3 тонн (Захваткин, 1927).

С целью повышения продуктивности озер и качественного улучшения ассортимента промысловых рыб, монахи с конца XIX в. предпринимали многочисленные попытки акклиматизации ценных видов рыб. С материка были доставлены и выпущены в озерно-канальную систему производители стерляди, сига, ряпушки и ручьевой форели. В 1881 г. из Архангельска на Соловки были завезены и выпущены в озера 5 лещей, в 1883 г. – 150 линей и 5 хариусов (Гримм, 1886). По всей видимости, в это же время попали в водоемы архипелага золотой карась и язь. Однако, промысловый эффект дало только вселение ряпушки, которая натурализовалась и образовала локальные популяции в ряде крупных озер западной части Большого Соловецкого острова. Хариус и лещ на Соловках не прижились, остальные виды, несмотря на предпринятые меры по их охране, широкого распространения также не получили. Стерлядь и линь с 1960-х годов в уловах не отмечаются, сиг и форель эпизодически встречаются лишь в единичных экземплярах.

Во второй половине XX века работы по акклиматизации в соловецких озерах новых видов рыб были возобновлены. В 1961 г. в оз. Карасевое был вселен серебряный карась, который в водоеме прижился, но промысловой численности так и не достиг. В 1970-х годах на архипелаг была завезена пелядь, однако, неблагоприятные погодные условия во время выпуска рыбы привели к массовой гибели выпущенной молодежи. Эксперимент дальнейшего развития не получил, и в настоящее время пелядь в уловах встречается лишь единично.

В ходе проведенных рыбоводных работ состав ихтиофауны соловецких озер претерпел значительные изменения. Из 14 ныне живущих на островах пресноводных видов рыб половина является интродуцентами.

Началом новейшей истории архипелага можно считать открытие в 1967 г. Соловецкого историко-архитектурного и природного музея-заповедника. Другим приоритетным событием в жизни Соловков стало образование в 1987 г. на территории архипелага Соловецкого района. Еще одна важная веха – открытие в 1990 г. на островах Спасо-Преображенского ставропигиального мужского монастыря и передача ему храмов и части памятников. Сегодня Соловки это и православная святыня, и уникальный природный объект и известный историко-культурный комплекс, включенный решением генеральной сессии ЮНЕСКО в 1992 г. в «Список памятников всемирного наследия», и административно-территориальное образование. Соловецкий му-

зей-заповедник стал фактически градообразующей организацией с бюджетом на порядок большим, чем районный бюджет. Здесь работает около трети трудоспособного населения Соловков. Значительное бюджетное и внебюджетное (обслуживание туристов, благотворительность) финансирование позволили количественно и качественно повысить уровень жизни местных жителей. На базе музея-заповедника созданы и работают публичная библиотека, «школа ремесел» для детей и взрослых, проводятся массовые мероприятия: ярмарки, клубы по интересам, кинолектории и т.п. Музейная компьютерная сеть обеспечила выход в Интернет местной администрации, школы, больницы, организован общественный доступ во «всемирную сеть».

Положительные изменения в жизни местного населения стали следствием повышенного внимания к архипелагу государства и общественности. А интерес к Соловкам вызван, во многом, наличием уникальной пресноводной экосистемы архипелага – его озерами и каналами. Но, если в прошлом использование пресноводных ресурсов носило чисто утилитарный характер, то в настоящее время внутренние водоемы являются важнейшей частью рекреационной зоны Соловков, объектом устремлений туристов и интереса ученых.

Озерный комплекс во многом определяет неповторимость Соловецкого архипелага. Всего на островах расположено около 600 озер. Основная их часть находится на Большом Соловецком острове – более 500. По насыщенности территории водоемами (около 13% всей территории) он превосходит даже Карелию (10%). Гидрографическая сеть острова весьма своеобразна: она лишена рек и представляет собой скопление малых, очень малых озер и озерков (Иванов, 1948), соединенных короткими протоками или каналами. Некоторые из озер не имеют видимого стока. Соловецкие озера уникальны в своем разнообразии по генезису, глубине, форме очертания котловин, рельефу дна, цвету воды, прозрачности, гидрохимии и гидробиологии. Площадь водоемов колеблется от 1 до 250 га. Наибольшее по площади озеро Большое Красное – более 250 га. Отдельные группы озер расположены ярусами с перепадами высот, иногда превышающими 10 метров. Так, расстояние между озерами Благодатным и Тарасовым всего 50 метров, а разница их уровней достигает 12 метров. Между соседними Большим Зеленым и Лапушистым озерами разница уровней превышает 20 метров. Озеро Поднебесное – самое высокое из всех озер острова – расположено на 67 метров выше уровня моря, что лишь на 13 м ниже самой высокой точки Большого Соловецкого острова. Дно некоторых озер глубоко врежется в сушу, опускаясь на 2-7 метров ниже уровня моря. Самая глубокая точка Большого Красного озера (30 метров) находится на 13 метров ниже уровня моря (Совалев, 2000).

Величина прозрачности озер колеблется в широких пределах от 0,3 до 14 м. Более 30% изученных

водоемов имеет прозрачность свыше 4 м. Очень контрастно воды озер отличаются по качественному и количественному составу органических веществ, о чем свидетельствуют его показатели: цветность воды изменяется от 0 до 334⁰, а перманганатная окисляемость – от 0,8 до 31 мгО/л. Также широк диапазон колебаний рН – от 5,4 до 9,2 (Грицевская и др., 1972).

По типу питания озера делятся на три группы: озера атмосферного питания, поверхностно-грунтовые и смешанные. Восточные озера характеризуются атмосферным питанием и бедной кормовой базой. Западные озера имеют поверхностное питание и обилие зоопланктона. В одном из реликтовых озер жизнь вообще отсутствует из-за большого содержания сероводорода. Оно так и называется – Мертвое. Реликтовые озера представляют собой бывшие морские заливы, постепенно отделившиеся от моря и опреснившиеся (Совалев, 2000).

В целом можно говорить о том, что на архипелаге сформировалась и существует уникальная пресноводная экосистема, в которую входят практически все типы озер, встречающиеся на Северо-Западе России.

Внутренние водоемы Соловецких островов играли и продолжают играть серьезную роль в снабжении местного населения рыбной белковой пищей. Официальной статистики промысла не существует уже многие десятки лет. Однако, проведенный нами опрос населения свидетельствует о том, что местными жителями ведется активный лов ряпушки, окуня, шуки, налима, плотвы, язя и проходной корюшки на крупных озерах, преимущественно в западной части острова Большой Соловецкий. При этом ежегодный вылов достигает 6-7 т, что значительно превосходит монастырские уловы. В то же время, активное развитие туризма (в 2002 г. на архипелаге побывало около 17 тысяч человек) и, соответственно, расширение сферы обслуживания требуют более полной интеграции биологических ресурсов соловецких озер в социально-экономическую структуру архипелага, естественно, при обеспечении сохранности уникальных природных объектов.

Есть несколько путей повышения рыбопродуктивности внутренних водоемов Соловецкого архипелага:

Рационализация рыболовства. Существующий режим рыболовства на соловецких озерах недоиспользует запасы самых многочисленных видов рыб – окуня и плотвы. Их специализированный отлов может дать дополнительно 2-3 т рыбной продукции. Однако, промысел малоценной рыбы экономически не выгоден и, поэтому, экстенсивное развитие рыболовства вряд ли является перспективным.

Озерное рыбоводство. Этот путь направлен на повышение естественной рыбопродуктивности озер, а также на улучшение ассортимента получаемой рыбной продукции за счет вселения в них ценных видов рыб. Показатели кормности самых больших

соловецких озер, их гидрология, гидрохимия и термика отвечают требованиям, благоприятным для обитания некоторых сиговых рыб, и, прежде всего, пеляди. Ее экологическая пластичность, быстрый рост, неприхотливость в питании и к среде обитания, высокие вкусовые качества, позволяют рассматривать пелядь как первоочередной объект рыбоводства во внутренних водоемах Соловецкого архипелага (Рыжков и др., 1982).

С учетом имеющихся на острове подходящих озер, ежегодно на Соловках можно получать 10-12 т этой деликатесной рыбы. Перспективным может оказаться также совместное выращивание пеляди с ситами-бентофагами.

Садковое рыбоводство. Выращивание товарной рыбы в садках является довольно эффективным способом получения максимальной рыбопродукции на ограниченных площадях. В условиях Соловецкого архипелага наиболее подходящим объектом для товарного выращивания является радужная форель. Развитию садкового рыбоводства также благоприятствуют приемлемые гидрологические и гидрохимические показатели большинства крупных водоемов Большого Соловецкого острова. Их глубины в основном составляют свыше 10 м, оптимальный температурный режим сохраняется даже летом (у поверхности температура воды не превышает 21°C). Кроме того, вода этих озер характеризуется низким уровнем содержания органики и хорошей насыщенностью кислородом (Грицевская и др., 1972). Целесообразным может быть организация на одном или нескольких таких водоемов небольших хозяйств по выращиванию 5-10 т товарной форели в год. Для этой цели подходят озера площадью более 20 га (которых на острове более двух десятков). Расчеты показывают, что уже через 1,5 года такое хозяйство становится окупаемым и начинает приносить прибыль. Дополнительным источником дохода может стать организация на базе форелевого хозяйства спортивного рыболовства: возможность поимки на спиннинг форели весом 1-1,5 кг станет хорошим стимулом для привлечения туристов.

Уникальность природы Соловецкого архипелага в целом и его пресноводных экосистем в частно-

сти, требует осторожного подхода при решении задач рационального использования соловецких озер в рекреационных и рыбохозяйственных целях. Безусловный приоритет должны иметь природоохраняющие технологии. Кроме этого, необходим постоянный комплексный контроль за водоемами, используемых при осуществлении социально-экономических проектов. Все эти задачи планируется решить в ходе реализации 5-летней Программы комплексного экологического мониторинга природной среды архипелага.

Литература

- Арх. Досифей. 1886. Географическое, историческое и статистическое описание ставропигиального первоклассного Соловецкого монастыря... М.: 1836. С. 13-19, 31, 73.
- Гримм О.А. О китобойном промысле на Мурмане// В журн. «Сельское хозяйство и лесоводство», т. СLI, отдел II. С. 181-182.
- Захваткин А.А. 1927. Соловецкие озера (краткий гидробиологический очерк) // Материалы Соловецкого общества краеведения. Соловки. Вып. 9. С. 90-103.
- История создания водохозяйственной системы и гидротехнических сооружений// Комплексная программа реконструкции и реставрации исторического памятника гидротехнического строительства XVI – XIX вв. – Озерно-канальной гидротехнической системы Б. Соловецкого острова. Ленгипроводхоз. СПб.: 1992. 47 с.
- Натыйник А.А., Никишин Н.А. 1991. Озерно-канальные водохозяйственные системы Соловецких островов – памятники истории и культуры. // Неизвестные Соловки. Труды МАКЭ. Памятники истории освоения Арктики. М.: С. 53-58.
- Рыжков Л.П., Козьмин А.К., Чухарев Л.Н. 1982. Биологические ресурсы озер Соловецких островов и перспективы их рыбохозяйственного использования // Тез. науч.-практ. Конференции «Проблемы экологии Белого моря». Архангельск. С. 52-54.
- Совалев В.А. 2000 Соловецкие озера // Архив отдела по учету и хранению объектов историко-культурного и природного наследия СГИАПМЗ. Соловки. 12 с.
- Совалев В.А. 2000а Межозерные каналы на Соловках и их использование // Архив отдела по учету и хранению объектов историко-культурного и природного наследия СГИАПМЗ. Соловки. 12 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. 101-104.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭСТУАРИЯХ БЕЛОГО МОРЯ

Ю.С. ДОЛОТОВ¹, Н.Н. ФИЛАТОВ², В.П. ШЕВЧЕНКО³, И.П. КУТЧЕВА⁴, Н.В. ДЕНИСЕНКО⁴,
С.В. ТАКШЕЕВ⁵, А.Н. ПЛАТОНОВ², В.Н. КОВАЛЕНКО², М.П. ПЕТРОВ², А.Н. НОВИГАТСКИЙ³,
К.В. ФИЛИПЬЕВА³

¹ Институт водных проблем РАН, Москва; ² Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск; ³ Институт океанографии РАН, Москва; ⁴ Зоологический институт РАН, С.Петербург;

⁵ Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск

На основе результатов детальных исследований в эстуариях рек Кереть и Кемь Карельского побережья Белого моря в 2000-2003 гг. проведен сравнительный анализ особенностей таких процессов как формирование солёности и распреснения водной толщи, изменения содержания и химического состава взвеси, скоростей течений и видового состава зоопланктона в фазы прилива и отлива.

Yu.S. Dolotov, N.N. Filatov, V.P. Shevchenko, I.P. Kutcheva, N.V. Denisenko, S.V. Taksheev, A.N. Platonov, V.N. Kovalenko, M.P. Petrov, A.N. Novigatsky & K.V. Filipjeva. Some features of hydro-physical, chemical, biological and geological processes in the estuaries of the Karelian Coast 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. 101-104.

On the basis of the detailed studies in the Keret' and Kem' estuaries on the Karelian coast of the White Sea in 2000-2003, the comparative analysis of peculiarities of such processes as the salinity forming and the freshening of water column, changes of the suspended matter content and its chemical composition, the current speeds and the species composition of zooplankton changes during the flood- and the ebb-tides, has been carried out.

В различных странах мира в последние десятилетия большое внимание уделяется изучению эстуариев в связи с тем, что они являются накопителями разного рода загрязнений, поступающих с речным стоком. Эстуарии являются областью действия маргинальных фильтров, где в результате смешения речных и морских вод происходят глубокие преобразования речной воды, удаление почти всех взвешенных в воде веществ. Изучение маргинальных фильтров весьма важно для понимания антропогенного стресса на природу океана. Необходимо отметить, что здесь осаждается около 90% взвешенного 40% растворенного природного вещества и антропогенных загрязнений, накапливаются максимальные количества органического вещества. Эти области являются природными системами, предохраняющими море от проникновения значительной части загрязнений и разбавляющими их инертным материалом. Известно, что за фронтом маргинального фильтра (Лисицын, 19994; 2001) содержание взвесей падает в среднем в 5 тыс. раз. На отдельных участках зон смешения содержание взвеси оказывается выше, чем в реке и в прилежащем море и возникает «иловая пробка». Прозрачность вод и мощность слоя фотосинтеза растет по мере удаления в море. Возникает зона наибольших продукций фитопланктона, «биологическая пробка», которая располагается на внешней стороне от «иловой пробки».

Результаты

Важными целями работы по проектам РФФИ являлось изучение закономерностей проявления процессов в эстуариях с разным стоком рек при разном комплексе условий (сезоны, объем стока, антропогенная нагрузка, океанографические условия, фазы прилива, морфометрия и пр.). Авторы данной работы начали мониторинг динамики вод, взвеси, рельефа и условий существования биоты в эстуариях Карельского побережья Белого моря на НИС «Эколог» с сентября 2000 г. Исследованиями были охвачены незагрязненный эстуарий р. Кереть (к югу от губы Чупа), достаточно сильно подверженные антропогенному воздействию эстуарии рек Кемь и Онега.

Были осуществлены постановки буйковых станций в характерных эстуарных зонах и проводились повторные работы (в фазы прилива и отлива) на станциях. Измерения уровня водной поверхности и придонной температуры воды проводились с использованием автономного самописца уровня, температуры и электропроводности воды WLR «Aanderaa Instruments»; измерения температуры и электропроводности воды, скоростей и направления течений – с применением автономного регистратора течений, температуры и электропроводности воды RCM-4 «Aanderaa Instruments», измерения температуры воды – с использованием температурного профильного регистратора TR-2 «Aanderaa Instruments».

Большим батометром (9 л) производился отбор проб воды для определения содержания взвешенного материала, фитопланктона и химического состава воды. Выделение взвеси для определения ее концентрации и дальнейшего изучения состава проводилось методом ультрафильтрации под вакуумом -0.6 атм. через чистые и предварительно взвешенные ядерные фильтры диаметром 47 мм с диаметром пор 0.45 мкм, помещенные в фильтродержатели фирмы Millipore. Фильтрация каждой пробы воды проводилась через 2-3 параллельных ядерных фильтра. После фильтрации воды фильтры промывались бидистиллятом, перекладывались в чистые пластиковые чашки Петри и высушивались при температуре $55-60$ °С. Содержание взвеси определяли взвешиванием с точностью до 0.1 мг после доведения фильтров до постоянного веса. Для определения концентрации взвешенного органического углерода фильтрация проводилась через стекловолоконные фильтры GF/F диаметром 47 мм под вакуумом -0.2 атм.

С каждой глубины отбирали 100 мл морской воды, пробы фиксировали смесью раствора Люголя и глотара по Руссо. Клетки пико- (< 2 мкм) и наиболее многочисленные виды нанопланктонных водорослей (2-20 мкм) были подсчитаны преимущественно по размерным группам (< 2 ; 2 - 4; 4 - 6; 6 - 10 мкм) в камере Фукса-Розенталя при увеличении микроскопа $\times 400$. Клетки микрофитопланктонных (> 20 мкм) водорослей и нанопланктонные клетки подсчитывали в камере Ножотта при увеличении $\times 200$. Для оценки численности видов фитопланктона с невысокой численностью и простейших была использована камера Науманна объемом 1 мл. Водоросли определяли до видового или родового уровня. Пикопланктон и мелких жгутиковых подсчитывали.

Для изучения вертикальных потоков осадочного вещества использовались седиментационные ловушки, установленные на буйковых станциях (Лисицын, Шевченко, 2001). Метод позволяет измерять абсолютные массы осадочного материала на основе прямых определений количества этого материала, осаждающегося в седиментационные ловушки. На большинстве станций использовались малые цилиндрические ловушки, разработанные в Институте океанологии РАН и используемые в различных районах Мирового океана (Долотов, Лукашин 2000; Лисицын и др., 2001).

Малая седиментационная ловушка представляет собой пластмассовый цилиндр диаметром 186 мм с укрепленным внутри винипластовым конусом, в который ввинчен флакон-пробосборник. В верхнюю часть цилиндра вставлен баффлер (гаситель течений) в виде крестовины из винипласта. Нами практикуется использование двух параллельных ловушек одновременно на каждом горизонте. Это позволяет увеличить общую площадь сбора материала, оценить репрезентативность полученного материала и при необходимости использовать различные кон-

серванты для одного горизонта отбора. Две ловушки соединены титановым хомутом, на который поставлен тросовый зажим для крепления ловушек к тросу.

Изучение характера донной поверхности и строения осадочной толщи проводилось с применением эхолота LMS-350 фирмы «Lowrance» и гидролокационного комплекса «Микросаунд», состоящего из гидролокатора бокового обзора и акустического профилографа (комплекс разработан в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН).

Отбор проб донных отложений производился с применением дночерпателей: Ван-Вина (0.1 м²), для работ с судна, и Экмана-Берджа (0.02 м²), для работ на мелководье со шлюпки. Сбор зоопланктона осуществлялся планктонной сеткой Джеди; отбор ихтиофауны и водорослей - специальной сетью.

Для изучения полей температуры воды и концентрации Хлф-а, РОВ, были проведены синхронные съемки STD зондами SeaCat и Quanta, измерения температуры поверхности воды (ТПВ) ИК-радиометром с борта судна и со спутника НОАА, радиометром AVHRR с разрешением 1.1 км, а также данные, полученные с помощью флуориметра «Квант».

В результате исследований показано, что в зоне смешения р. Кереть достаточно четко выделяются 3 зоны, характеризующиеся различным динамическим режимом: морская, переходная и приустьевая (Рис. 1). В водной толще (осенней) повсеместно зафиксирована четкая стратификация: присутствие 2-х четко выраженных слоев - верхнего с максимальными значениями температуры и минимальными значениями солености вод и нижнего - с минимальными температурами и максимальной соленостью. Изменчивость температуры воды в условиях стратификации свидетельствует о наличии внутриволновых колебаний с периодом полусуточных приливных движений. Во внешней, морской зоне приливо-отливные движения во время сизигийных циклов носили правильный характер. Характерно зарегистрированное ощутимое повышение значений солености в фазу прилива в связи с открытостью зоны к воздействию приливов. Однородность распределения значений солености и температуры воды в верхнем слое свидетельствует о хорошем перемешивании водной толщи в этой наиболее динамичной зоне. Несмотря на ее удаленность от устья реки, даже в осенний период с минимальным речным стоком в верхнем слое отмечалось довольно четкое распределение от поверхности до глубины 2-3 м. С хорошим общим перемешиванием этого слоя связана общая довольно однородная концентрация взвешенного материала. В переходной зоне, ближе к устью реки, мощность верхнего довольно четко выраженного распределенного слоя больше (до 4 м в фазу максимального отлива). В приустьевой зоне выявлено характерное для акваторий заливов Белого моря неравенство в продолжительности приливно-отливных фаз (длительность фазы отлива больше,

чем прилива). Из-за небольших глубин довольно хорошее перемешивание воды прослеживалось и в нижнем слое. Даже в прилив фиксировался распределенный слой до глубины 3-4 м. В обе фазы приливо-отливного цикла отмечалось однородное содержание взвеси - свидетельство интенсивного перемешивания. У поверхности воды четко, прослеживалось увеличение солености по мере удаления от устья реки Кереть. Для приустьевой зоны характерно небольшое изменение концентрации взвеси с глубиной, что очевидно связано с небольшими глубинами, малыми концентрациями взвешенного материала и постоянным перемешиванием водной толщи. Данные по распространению морской травы zostеры в разных динамических зонах свидетельствуют о независимости ее состояния от солености воды, что в дальнейшем позволит использовать ее в

качестве генетического тест-объекта при оценке воздействия на биоту различного рода загрязнений. О чистоте воды в притоках и отсутствии заметной антропогенной нагрузки на их экосистемы свидетельствует разнообразие групп макрозообентоса, наиболее чувствительных к загрязнению. Выбран комплекс биохимических показателей состояния процесса обмена веществ (по проведенному анализу органов некоторых промысловых рыб) как индикаторов механизмов ответных адаптивных реакций гидробионтов на воздействие факторов внешней среды, включая антропогенные (загрязнения). Показатели клеточного метаболизма можно использовать как дополнительные биоиндикаторы состояния беспозвоночных и рыб из разных по загрязнению эстуарных районов.

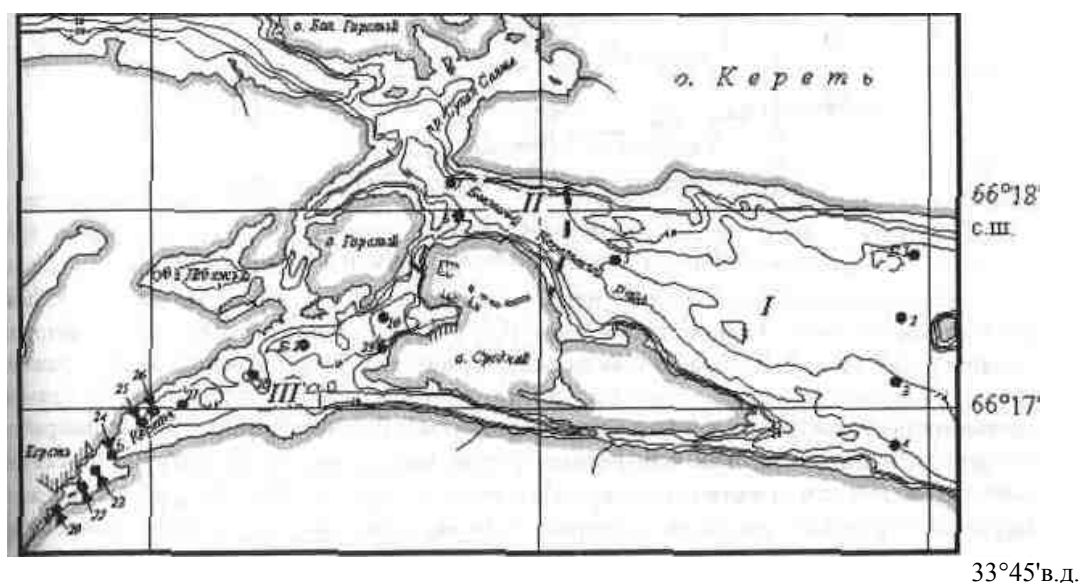


Рис. 1. Схема расположения станций в эстуарии р. Кереть и на Большом Керетском рейде
Зоны: I - морская; II - переходная; III - приустьевая

В загрязненной эстуарии реки Кемь, со значительным, но зарегулированным стоком тоже четко выделяются 3 динамические зоны. Поскольку глубины в исследованной акватории не превышали 14 м, то в большинстве случаев термическая стратификация была выражена слабо. Содержание взвеси - повсюду достаточно высокое, и не обнаружено прямой зависимости от расстояния до устья реки; вместе с тем весь обследованный эстуарный район подвержен влиянию речных вод. Концентрации железа, марганца, тяжелых металлов значительно выше, чем в открытом море. Четко прослеживается связь содержащихся в воде загрязнений с их поступлением со стороны г. Кемь, порта Рабочеостровск и прибрежных населенных пунктов. На большей части приустьевой зоны, судя по данным эхолотирования, очевидно в основном осуществляется транзит тонкозернистого аллювия течениями (четко прослеживается выход коренных пород в отлив), а ближе к переходной зоне из-за резкого уменьшения глубин

отмечается выпадение на дно разнородного осадочного материала. Сама переходная зона характеризуется интенсивным размывом дна сильными течениями. Для морской же зоны характерна аккумуляция тонкозернистого аллювиального материала, выносимого отливными течениями. Обнаружены формы рельефа типа песчаных гряд, а в отдельных местах прослеживаются выступы коренных пород, при полном размыве донных отложений. Все это свидетельствует о сложной системе циркуляции вод в этой барьерной зоне. Максимальная численность зообентоса отмечалась в зоне размыва на жестких грунтах. Явное преобладание моллюсков, активных фильтраторов сестона, обусловлено интенсивным перемешиванием вод и высокими скоростями течений. В ходе исследования зоопланктона четко отмечается разница в его составе, с одной стороны, в приустьевой, а с другой - в переходной и морской зонах. Смещения пресноводных и морских видов почти не происходит, хотя прослеживается вынос пресно-

водных видов отливными течениями, а небольшое число морских видов зоопланктона распространяется практически до самого устья реки. В переходной и морской зонах пресноводные виды наблюдаются только в максимальный отлив. Значения численности и биомассы зоопланктона явно зависят от общей системы и скоростей течений в той или иной зоне.

В начале июля 2001 г. вертикальный поток осадочного вещества на буйковой станции Кемь-1 (ст. 5) был равен $1335 \text{ мг м}^{-2} \text{ сут.}^{-1}$ на горизонте 5 м и $4283 \text{ мг м}^{-2} \text{ сут.}^{-1}$ на горизонте 7 м. На более удаленной от эстуария ст. 39 (буйковая станция Кемь-2) в конце августа - начале сентября 2002 г. на горизонте 20 м (в 8 м над дном) величина потока достигала $8850 \text{ мг м}^{-2} \text{ сут.}^{-1}$. Эти значения потоков выше значений, полученных В.Н. Лукашиным с соавторами в центральной части Канда拉克шского залива в июне 2000 г. (см. Долотов, Лукашин и др., 2000) и близки по порядку к потокам в прибрежных районах Баренцева и Карского морей, но значительно выше потоков в открытых районах этих морей.

Осадочный материал, собранный седиментационными ловушками, в основном состоит из мелких фекальных пеллет (15-30 мкм) и детрита, в котором также преобладали остатки разрушенных фекальных пеллет. Также отмечены минеральные частицы размером 1-10 мкм. В ловушках фитопланктона было мало, главным образом, присутствовали пустые створки диатомовых.

В настоящее время комплексные исследования продолжаются в районе эстуариев реки Онега. Основное внимание уделяется изучению закономерностей проявления маргинальных фильтров.

В целом, проведенные исследования в эстуариях Карельского побережья Белого моря в 2000-2002 гг, а также результаты многолетних предыдущих работ по программе «Белое море» показали, что состояние водной среды, уровень загрязнения вод литорали, эстуариев, Белого моря в целом не мог негативно отразиться на условиях развития его биоресурсов. В эстуарных районах, на примере относительно крупной реки Кемь, определенное отрицательное воздействие имело место, но оно не выходило за рамки сложившейся в последние годы ситуации по техногенному воздействию на водную экосистему. Выполненные комплексные исследования показали, что не отмечается серьезных изменений химического состава, гидрологического режима, биоты исследованных эстуариев Карельского побережья Белого моря.

Авторы признательны экипажу НИС «Эколог» за помощь. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 00-05-64070 и 00-05-79063).

Литература

- Долотов Ю.С., Коваленко В.Н., Лифшиц В.Х., Петров М.П., Платонов М.В., Прего Р., Ратькова Т.Н., Филатов Н.Н., Шевченко В.П. 2002. О динамике вод и взвеси в эстуарии р. Кереть (Карельское побережье Белого моря) // *Океанология*. № 5. С. 765-774.
- Долотов Ю.С., Лукашин В.Н. 2001. Экспедиции в Белом море на научно-исследовательских судах «Эколог» и «Картеш» в 2000 г. // *Океанология*. Т. 41. №5. С. 790-795.
- Лисицын А.П. 1994. Маргинальный фильтр океанов // *Океанология*. Т. 34. №5. С. 735-747.
- Лисицын А.П., Шевченко В.П., Буренков В.И. 2000. Гидрооптика и взвесь арктических морей // *Оптика атмосферы и океана*. Т. 13. № 1. С. 70-79.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 105-109.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АККЛИМАТИЗАЦИИ ГОРБУШИ В БЕЛОМ МОРЕ.

Е.А. ДОРОФЕЕВА¹, А.П. АЛЕКСЕЕВ², В.Г. КУЛАЧКОВА¹, О.В. ЗЕЛЕННИКОВ³, Т.С. ИВАНОВА³

¹ Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

² Межведомственная ихтиологическая комиссия, Москва

³ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

На основании анализа данных установлено, что магаданская донорская популяция по сравнению с сахалинской оказалась более приспособленной к условиям Белого моря. Отмечено, что у «нечетной» линии горбуши формируются ранненерестующие популяции, характеризующиеся процессами адаптации на морфофизиологическом и генетическом уровнях. «Четная» линия горбуши в силу большой специализации донорской популяции не смогла до настоящего времени акклиматизироваться в новом ареале.

E.A. Dorofeeva, A.P. Alekseev, V.G. Kulachkova, O.V. Zelennikov & T.S. Ivanova. The actual problems of pink salmon acclimatization 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. 105-109.

The data obtained testify that the Magadan population of pink salmon as a donor population appeared to be more successful than the Sakhalin one. It is noted that the odd-year line of the White Sea pink salmon forms early spawning populations and the change of morphological and genetic characters suggest adaptation processes. It should be admitted that acclimatization of pink salmon of even-year line has failed.

Тихоокеанский лосось – горбуша широко распространенный вид в бассейне Тихого океана, заходящий для нереста в реки как азиатского, так и американского побережий. Среди дальневосточных лососей рода *Oncorhynchus*, представленного 6-ю хорошо различающимися видами, горбуша по общим представлениям исследователей, является наиболее специализированным видом, обладающим по сравнению с другими видами рядом уникальных особенностей: этот вид имеет среди тихоокеанских лососевых самый короткий 2-х летний жизненный цикл; у него отсутствуют пресноводные формы; после выхода из бугров молодь задерживается в пресной воде наиболее короткое время (1-2 месяца); снижен «инстинкт дома» (хоминг); кариологическая эволюция по типу Робертсоновских транслокаций завершена (все хромосомы двуплечие, $2n=52$, $NF=104$); и, наконец, вид слабо дифференцирован на внутривидовом уровне (несмотря на широкое распространение, у него отсутствуют подвиды), в то же время вид имеет сложную популяционную структуру (генетически различающиеся летние и осенние подходы, локальные стада, генерации четных и нечетных лет). Уникальным среди лососевых является и ранее появление зародышевых клеток и быстрое развитие гонад, которые первоначально у всех особей формируются как яичники. Передифференцировка пола завершается перед выходом личинок из гнезд (Персов, 1975). Среди этих особенностей особое внимание привлекают репродуктивно изолированные поколения горбуши смежных лет, т.е. заходящие на

нерест в четные и нечетные годы. Особенности «четной» и «нечетной» линий весьма существенны и заключаются в следующем: в четные годы производители в среднем подходят на нерест позднее; четная линия, как правило, малочисленнее, число хромосом в четной линии стабильно и равно $2n=52$, $NF=104$; все хромосомы двуплечие; в нечетный оно варьирует $2n=54, 53, 52$ (причем последнее наиболее редко), при $NF=104$, т.е. в кариотипе не все хромосомы двуплечие, отличаются эти линии и по степени генетической межпопуляционной дифференциации (в четной линии она выше). Таким образом, степень экологических и генетических различий между этими линиями формально достигает видовых, хотя существенных морфологических особенностей (на которых обычно основываются таксономические построения) у этих линий нет. Скорее всего, они могут рассматриваться как виды-двойники.

Впервые о возможности акклиматизации дальневосточных лососей на европейском Севере еще в XIX веке говорил академик Карл Бэр. Попытки акклиматизации горбуши (а также кеты) в разных регионах мира предпринимались неоднократно. Целе направленное и масштабное вселение горбуши в бассейн Белого моря началось с 1956 года, продолжалось до 1980 г. Необходимость его была связана с бедностью ихтиоценоза в этом регионе, а также падением численности самого ценного вида – семги. Всего было перевезено свыше 200 млн. икринок, которые затем доинкубировались на рыбоводных заводах. Икра завозилась с Южного Сахалина. Все-

ленцы широко расселились и оказались способными к естественному нересту и нагулу. Самовоспроизводящиеся популяции горбуши были отмечены даже в Норвегии (Berg, 1977). На Белом море горбуша была введена в промышленный лов (Рис. 1). Начиная с 1960 г., на рыбозаводах проводилась инкубация икры, собранной от местных производителей. Однако возвраты производителей были нестабильны и постепенно стали ничтожными (уловы колебались от 144 тыс. экз. в 1973 г. до единичных в 1983 г.). При этом выяснилось, что четные и нечетные линии ведут себя по-разному: уловы в нечетные годы значительно превышали таковые в четные. На протяжении этого периода акклиматизации проводились интенсивные научные исследования (Агапов, 1986; Азбелев и др., 1961; Азбелев, Яковенко, 1963; Бакштанский, 1963; Bakshantsky, 1980; Бирман, 1985; Дягилев, Маркевич, 1979; Камышная, Смирнов, 1981; Карпевич и др., 1991; Сурков, Суркова, 1977; Яковенко, 1992 и др.). Было установлено, что неудачная акклиматизация связана, в основном, с несоответствием температурных условий в южной части нативного ареала горбуши, откуда завозилась икра, и суровых условий европейского Севера (Дягилев, Маркевич, 1979).

В 1985 г. начался второй этап акклиматизации вселенца: была завезена небольшая (около 2,5 млн.) партия икры нечетной линии с севера ареала из Магаданской области, а в 1998 г. четной линии в таких же количествах. В результате численность горбуши в нечетные годы достигает несколько десятков ты-

сяч экз. (34-156 тыс.), хотя и подвержена значительным колебаниям. Необходимо подчеркнуть, что значительные колебания численности характерны для горбуши не только Белого моря, но и для обоих смежных поколений в нативном ареале. Нужно отметить также, что с 1985 г. рыболовные заводы инкубируют икру от местных производителей лишь эпизодически. Завоз икры четной линии в 1998 г. увеличения уловов не дал. Учитывая, что со времени последнего завоза этой линии прошло уже 3 поколения, 2004 г. был решающим в отношении эффективности проведенного вселения этой линии. Прогнозы на этот год полностью подтвердились, заход рыб на нерест в большинстве рек (Кереть, Умба) был единичным, что неудивительно, принимая во внимание ее отличительные особенности, о которых было уже сказано. Падение уловов и постепенное исчезновение горбуши после первого этапа вселения и сложные экономические условия в нашей стране привели к падению интереса исследователей к изучению последствий вселения. Научные изыскания возобновились лишь в последние годы после второго этапа акклиматизации. Основное внимание направлено на проведение мониторинга за состоянием популяции. В соответствии с разработанной программой исследования проводятся силами сотрудников ЗИН РАН, СПбГУ, Институтом биологии КНЦ РАН, ПИНРО, СевПИНРО при поддержке Минпромнауки, а также сотрудниками Института общей генетики РАН.

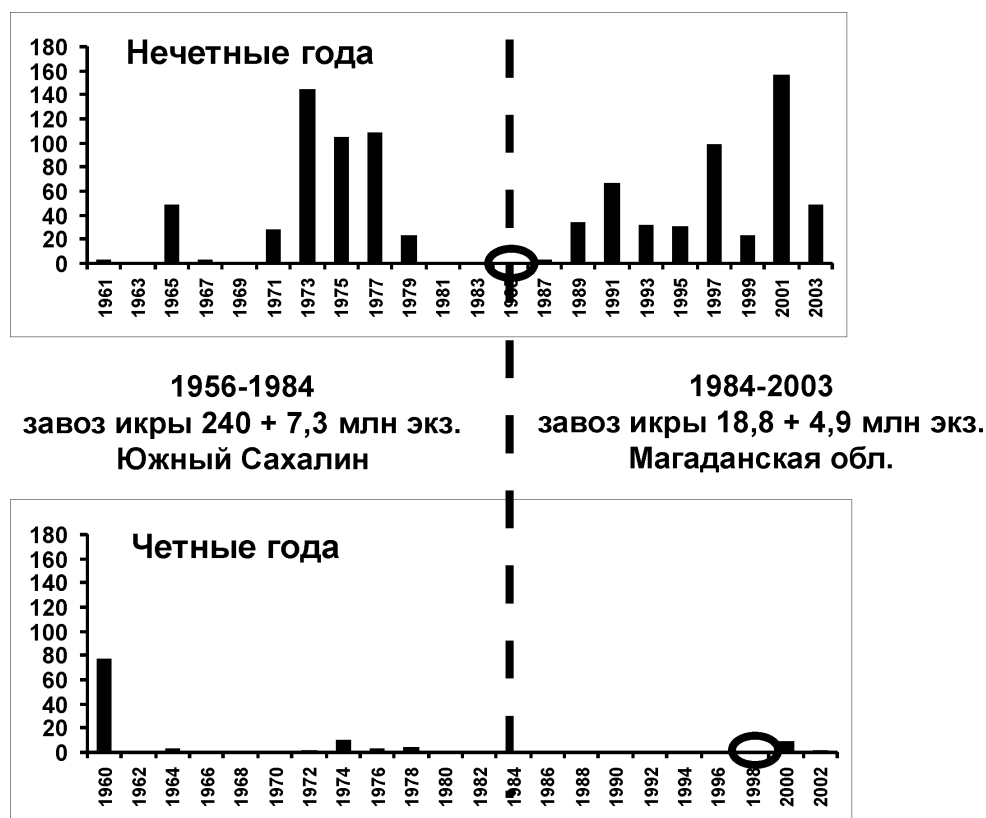


Рис. 1. Уловы горбуши в бассейне Белого моря (тыс. экз.)

Исследования проводились в рамках проблемы «Структурно-функциональная оценка экосистем Белого моря, как основа развития многоплановой марикультуры и повышения ее биопродуктивности» (головное учреждение ЗИН РАН). Далее будут рассмотрены результаты работ по изменению структуры популяции горбуши, изменению ее морфологического облика и основам генетических преобразований в формирующейся популяции.

В 2001-2003 гг. исследования были проведены сотрудниками разных институтов в разных регионах бассейна Белого моря. Специалисты ЗИНа и СПбГУ работали в районе о. Средний (губа Чупа) и анализировали динамику нерестового хода производителей, их морфологическую характеристику, питание и развитие половых желез. Один из выводов этих работ состоит в том, что в новом регионе обитания горбуша сохранила присущие ей в нативном ареале основные характеристики нерестового хода, такие как волнообразная динамика миграции, увеличение к концу хода доли самок и более крупных производителей и другие. Установлено (Рис. 2), что к началу августа в море горбуша практически полностью перестает питаться, относительная масса пищеварительного тракта с пищей снизилась до 0,5%. В то же время относительная масса яичников последовательно увеличивалась и достигла к началу августа ¼ общей массы тела, что характерно для самок горбуши непосредственно перед нерестом. Дефинитивных размеров достигала и масса ооцитов. Таким образом, все исследованные производители потен-

циально готовы были нереститься до 15 сентября, т.е. в сроки, которые согласно проведенным ранее исследованиям (Дягилев, Маркевич, 1979), являются благоприятными для последующего выживания и развития молоди. Это дает основания полагать, что в популяции беломорской горбуши на протяжении 9 поколений нечетной линии в результате отбора сохранились в основном ранненерестящиеся особи. Нужно отметить, что именно такой путь был предложен рядом ученых при селекции производителей на рыбоводных заводах для создания ранненерестующего стада (Карпевич и др., 1991).

Нечетная линия беломорской горбуши демонстрирует адаптивные сдвиги и по ряду других морфобиологических признаков (линейные размеры, масса тела, сроки массовой нерестовой миграции, сроки пребывания эмбрионов и личинок в буграх, плодовитости самок). Обнаружено, что в новом ареале нерестовая миграция взрослых рыб в реки начинается несколько раньше. На протяжении нерестового хода преобладают самки. У самок беломорской горбуши заметно увеличивается плодовитость. Вследствие того, что в новом ареале нерест происходит раньше, чем в нативном ареале, а скат молоди из рек из-за позднего прогрева воды весной, наоборот, происходит позже, молодь дольше остается в нерестовых буграх. Мальки горбуши уже в районе нерестилищ и во время ската начинают питаться, что им не свойственно в реках Магаданской области.

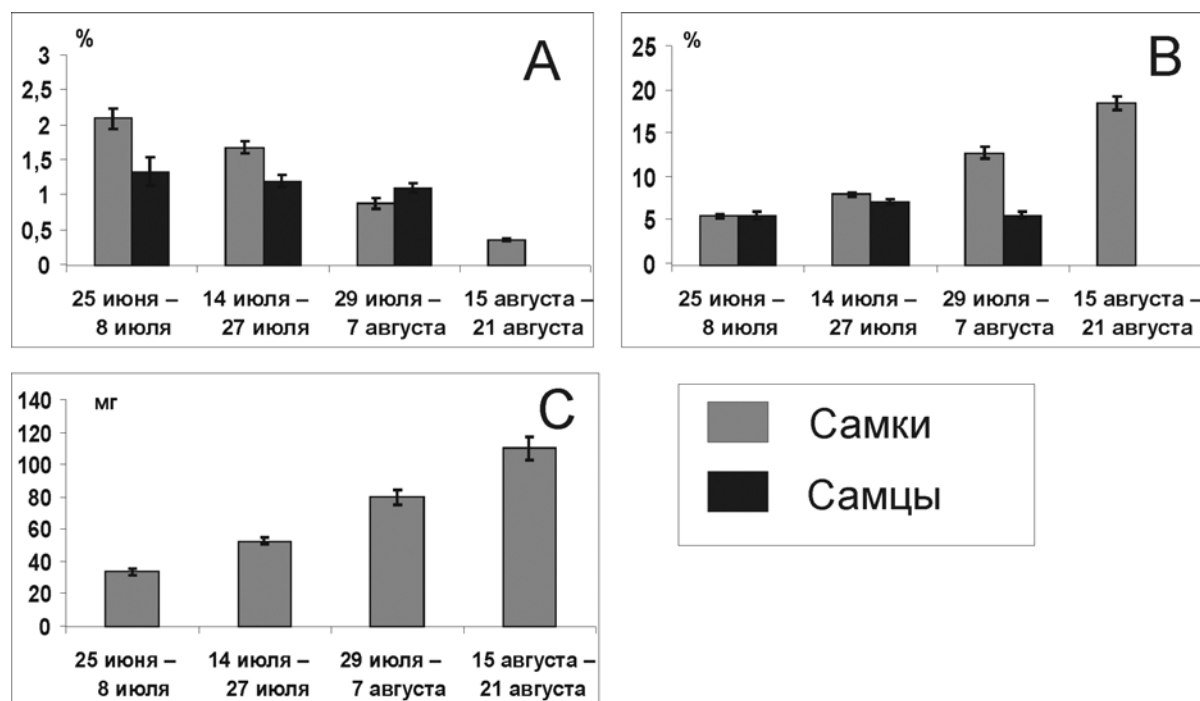


Рис. 2. Состояние производителей горбуши в период нерестовой миграции в 2003 г (район о. Средний, Белое море):

А – доля пищеварительного тракта с пищевым комком от общей массы производителей горбуши, %; В – величина гонадо-соматического индекса (ГСИ) у производителей горбуши, %; С – масса ооцитов у самок горбуши, мг.

Сравнительные исследования пластических признаков беломорской популяции четной и нечетной линий демонстрируют сдвиги в ее морфологическом облике. Еще на первом этапе акклиматизации было отмечено в нечетной линии (Суркова, 1970), что уже через 4-5 поколений беломорская горбуша стала иметь меньше позвонков и чешуй в боковой линии, у нее уменьшилась голова и соответственно ее пропорции. Результаты дискриминантного анализа 17 пластических признаков четной и нечетной популяций (Гордеева, 2003), проведенного на последнем этапе акклиматизации, свидетельствуют о существенных сдвигах в их морфологическом облике, причем сдвиги более выражены у четной линии и, по-видимому, инадаптивны, в то время как нечетная линия демонстрирует процесс адаптации к новым условиям.

Остеологические, более консервативные, признаки горбуши в нативном ареале характеризуются сравнительно малой изменчивостью, однако в наших более ранних исследованиях (Горшков, Дорофеева и др., 1979; Горшков, 1979) была отмечена слабая тенденция к клинальной изменчивости некоторых признаков, связанных с костями этмоидального отдела черепа и имеющих таксономическое значение.

Сравнительные исследования остеологических признаков беломорской горбуши нечетной линии позволяют судить об изменениях в форме некоторых костей. При этом, как и в некоторых внешне-морфологических признаках (Суркова, 1970), формирующаяся популяция беломорской горбуши проявляет сходство не только с донорской популяцией, но и несет черты, свойственные другим, часто более южным, популяциям. Так, форма супраэтноида беломорской горбуши имеет черты, с одной стороны, сходные с горбушей из реки Большой на Камчатке (очертания наружных боковых краев кости), а с другой, с горбушей из реки Анадырь (малая глубина каудальной вырезки). В то же время сошник у рыб из реки Кереть сходен по форме с сошником рыб из Приморья, а язычная кость по основным параметрам (форма головки и рукоятки) сходна по форме с язычной костью рыб из рек Камчатки (Рис. 3).

Необходимо отметить также, что перечисленные особенности беломорской горбуши относятся лишь к модальной группе рыб. В целом же все остеологические особенности отличаются большой изменчивостью, и у рыб из реки Кереть можно найти почти весь спектр остеологических признаков, свойственных рыбам, обитающим в различных районах естественного ареала. Есть основания предполагать, что изменения всех морфологических признаков наступают сравнительно быстро, т.к. Суркова (1970) отмечала их уже в 4-5-м поколениях.

В серии исследований, посвященных генетической структуре беломорской горбуши (Гордеева, 2003; Гордеева и др., 2003), выявлены изменения по сравнению с донорской популяцией (редукция числа гетерозигот и аллельного разнообразия, а также раз

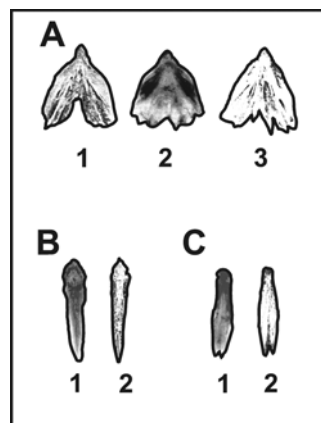


Рис. 3. Форма супраэтноида, сошника и язычной кости у горбуши из р. Кереть (Белое море) и районов естественного обитания:

А – Supraethmoideum горбуши: 1 – р. Большая (Камчатка), 2 – р. Кереть (Белое море), 3 – р. Анадырь. В – Vomer (сошник) горбуши: 1 – р. Кереть (Белое море), 2 – р. Тумнин (Приморье). С – Os linguale (язычная кость) горбуши: 1 – р. Кереть (Белое море), 2 – р. Большая (Камчатка)

нообразием гаплотипов мтДНК). В целом уровень генетических изменений существенно выше в нечетной линии, чем в четной, что на фоне успешного естественного воспроизводства у первой, может свидетельствовать о процессах адаптации. В то же время на основании имеющихся данных можно предполагать, что неутешительные итоги акклиматизации четной линии горбуши в Белом море могут быть связаны с ее более узкой специализацией по сравнению с нечетной линией (хотя с уверенностью об этом следует судить лишь по прошествии еще 5-6 поколений II-го этапа вселения четной линии). Об этом же свидетельствуют данные акклиматизации горбуши в бассейне Атлантического океана на американском континенте. Попытки акклиматизации нечетной линии на некоторое время давали положительные результаты, хотя полная натурализация произошла только при образовании жилой формы в Великих озерах после интродукции нечетной линии горбуши из тихоокеанского бассейна в 1955 г. Возврата от четной линии вселения обычно не было (Hoard, 1991).

Наибольший интерес с теоретической и практической точек зрения представляет вопрос о завершении натурализации горбуши в Белом море, т.е. возникновения устойчивой самовоспроизводящейся популяции. Этот вопрос можно решить только при продолжении всестороннего мониторинга. Сравнительно стабильные уловы после последнего этапа интродукции нечетной линии и намечающиеся генетические и морфобиологические адаптации дают основания говорить о возможности процесса натурализации. В ходе первого неудачного периода акклиматизации при практически непрерывном завозе икры и существенной подпитке популяции рыбозаводами падение уловов произошло примерно через

13 поколений. На втором этапе прошло уже 9 поколений (при крайне малом завозе икры и без подпитки рыбозаводами инкубацией икры от местных производителей). Тем не менее, падения уловов в нечетные годы не наблюдается. Относительный успех 2-го этапа может быть обусловлен 3-мя неравноценными факторами. На первом месте, по сей видимости, стоит удачный выбор донора, затем возможность нарастания численности местного стада (в том числе происходящего и от первого периода акклиматизации). И, наконец, возможно играет существенную роль наступление периода потепления.

Выводы

«Нечетная» линия горбуши, акклиматизированная в Белом море, на протяжении 9 поколений сохраняет устойчивые подходы производителей, что может свидетельствовать о формировании ранненерестующей популяции горбуши.

«Нечетная» линия горбуши в Белом море обнаруживает существенные морфологические и генетические сдвиги, которые на фоне устойчивых уловов позволяют судить о протекающих процессах адаптации в формирующейся беломорской популяции горбуши.

О завершении процесса натурализации и о месте горбуши в экосистеме Белого моря можно будет судить только после всестороннего и регулярного анализа данных, полученных в результате мониторинга нескольких популяций беломорской горбуши на протяжении не менее 15 поколений.

Работа поддержана грантами РФФИ (проекты №№ 02-04-49985 и 04-04-49382).

Литература

- Агапов В.С. 1986. Жизненный цикл горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum), акклиматизированной на европейском севере // Вопр. ихтиол. Т. 26, вып. 5. С. 779-794.
- Азбелев В.В., Яковенко М.Я. 1963. Материалы по акклиматизации горбуши в бассейнах Баренцева и Белого морей. Тр. ПИНРО. Вып. 15. С. 7-26.
- Бахитанский Э.Л. 1963. Молодь горбуши и кеты в Белом море. В сб: Сессия Ученого Совета по проблеме «Теоретические основы рационального использования, воспроизводства и повышения рыбных и нерыбных ресурсов Белого моря и внутренних водоемов Карелии» 12-15 марта 1963 г. Карельский филиал АН СССР. Петрозаводск. С. 27.
- Бирман И.Б. 1985. К вопросу о факторах, определяющих эффективность воспроизводства горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.) (*Salmonidae*) в районах вселения // Вопр. ихтиол. Т. 25. С. 410-414.
- Гордеева Н.В. 2003. Генетические процессы у горбуши интродуцированной в бассейне Белого моря. Автореферат к.б.н. 24 с.
- Гордеева Н.В., Салменкова Е.А., Алтухов Ю.П., Махров А.А., Пустовойт С.П. 2003. Генетические изменения у горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) в ходе акклиматизации в бассейне Белого моря // Генетика. Т. 39, №3. С. 402-412.
- Горшков С.А. 1979. Сравнительно-морфологические основы классификации тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus*. Кандидатская диссертация. ЗИН АН СССР. 260 с.
- Горшков С.А., Дорофеева Е.А., Ключанов В.А., Куликова Н.И. 1979. Остеологические особенности тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* // Вопр. ихтиол. Т. 19, вып.6 (119). С. 963-982.
- Дягилев С.Е., Маркевич Н.Б. 1979. Разновременность созревания горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.) четных и нечетных лет как основной фактор, определивший различные результаты ее акклиматизации на севере Европейской части СССР // Вопр. ихтиол. Т. 19, вып. 2. С. 230-245.
- Камышная М.С., Смирнов А.И. 1981. Воспроизводство горбуши, интродуцированной в бассейны Баренцева и Белого морей // Современные проблемы ихтиологии. М.: Наука. С. 196-224.
- Карпевич А.Ф., Агапов В.С., Магомедов Г.М. 1991. Акклиматизация и культивирование лососевых рыб-интродуцентов // М.: ВНИРО. 208 с.
- Персов Г.М. 1975. Дифференцировка пола у рыб. Л.: Изд-во ЛГУ. 148 с.
- Сурков С.С., Суркова Е.И. 1977. О некоторых перспективных вопросах акклиматизации горбуши // Тр. ПИНРО. Вып. 32. С. 196-206.
- Суркова Е.И. 1970. Изменение морфологических признаков горбуши в ходе ее акклиматизации на Европейском Севере // Материалы рыбохозяйственных исследований Северного бассейна. Вып. 14. С. 78-85.
- Яковенко М.Я. 1992. Горбуша как объект прописки в Бассейне белого моря // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря: Тез. докл. 5 регион. конф. Петрозаводск. С. 35-37.
- Bakshantky E.L. 1980. The introduction of pink salmon into the Kola Peninsula. P. 245-259. In: T.G. Thorpe (ed.). Salmon ranching. Academic Press, New York.
- Berg L.S. 1977. Pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum), in Norway. Inst. Freshwater Res. Drottningholm Rep., 56. P. 12-17.
- Hoard W.R. 1991. Life history of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). Pacific Salmon Life Histories (Eds Groot C., Margolis L.). Vancouver: UBC Press. P. 119-230.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 110-113.

ВОЗМОЖНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОСИСТЕМУ БЕЛОГО МОРЯ

П.В. ДРУЖИНИН¹, А.В. ЛИТВИНЕНКО², А.Ю. ТЕРЖЕВИК²

¹ *Институт экономики Карельского научного центра РАН, Петрозаводск*

² *Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН, Петрозаводск*

На основе анализа развития региона построены модели, сделана оценка перспектив развития региона и динамики экономических и экологических показателей.

P.V. Druzhinin, A.V. Litvinenko & A.Yu. Terzhevnik. Some possible changes in the regional economy and their influence on the ecosystem 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. 110-113.

Based on the analysis of the region development mathematical models have been constructed. The prospects of the region development and the dynamics of economic and ecological indices have been estimated.

Для оценки возможных изменений экосистемы Белого моря вследствие развития экономики региона в перспективе необходимо проанализировать развитие региона, выявить его особенности и оценить основные тенденции в сфере экономики и экологии. Данный анализ позволяет разработать и обосновать модель развития экономики Беломорья и оценки ее влияния на экологические показатели. Для прогнозирования по данной модели необходимо сформировать сценарные условия - варианты экономической и экологической политики в регионе с учетом оценки реакции бизнеса на изменение условий его функционирования. На основе данных, характеризующих Беломорье, определяются параметры уравнений модели и по выбранным сценарным условиям строятся прогнозы развития экономики Беломорья и динамики экологических показателей с оценкой необходимых ресурсов. Завершается работа детализацией выбранных сценариев развития - определением требуемых действий федеральных и региональных властей для реализации каждого из сценариев.

Значительная часть условий развития бизнеса определяется решениями федеральных властей и теми особенностями, на которые невозможно повлиять (географическое положение, климат и другие), но региональные власти, зная сильные и слабые стороны региона, могут создать привлекательные условия для отдельных отраслей, опираясь на местный бизнес и привлекая фирмы из других регионов и стран. Соответственно будет меняться структура экономики Беломорья и экологическая нагрузка на территорию бассейна Белого моря.

Анализ. Каждый регион имеет свои особенности и специфику, которые определяют реакцию местного бизнеса на внешнее воздействие. В ходе анализа развития экономики Беломорья выделялись

отдельные сектора и анализировались их особенности. Анализ графиков позволяет выделить три периода в развитии Беломорья.

В первом периоде спад валового регионального продукта (ВРП) сопровождался пропорциональным спадом кумулятивных инвестиций и незначительным уменьшением занятости. Во втором резко ускорилось снижение занятости. В третьем рост ВРП был почти пропорционален росту кумулятивных инвестиций и занятости. Надо отметить, что рост эффективности в отдельных секторах экономики начался уже в середине 90-х годов. Структурные сдвиги в экономике региона и спад производства почти во всех секторах в начале 90-х годов привели к тому, что производительность труда в 2002 г. примерно на 20% ниже уровня 1990 г. Развитие Беломорья в последние годы характеризуется ежегодным приростом ВРП в пределах 3-4%, в отличие от 9-10% в 1999-2000 гг. после девальвации рубля.

Анализ связи экономических и экологических показателей показал, что в конце 90-х годов произошли существенные изменения. Рост экономики Беломорья сопровождается существенно более медленным увеличением показателей, характеризующих воздействие экономики на окружающую среду, либо даже снижением некоторых из них, например, выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников. Анализ развития отраслевых секторов показал, что данный процесс связан с технологическими сдвигами в наиболее «грязных» отраслях (металлургия и целлюлозно-бумажная промышленность) и структурными сдвигами в экономике Беломорья.

Моделирование. При построении модели существует множество проблем, связанных с точностью информации, поэтому был выбран самый простой вид модели. Официальная статистика постепенно

переходит на систему национальных счетов, и частые изменения методики привели к появлению значительных ошибок и из-за несовершенства статистических форм, и из-за неправильного их заполнения на предприятиях. На предприятиях не стремились к точности показателей, а часто и сознательно их искажали, особенно в сфере малого и среднего бизнеса. Высокий уровень инфляции начала 90-х годов ставит сложную проблему построения сопоставимых рядов данных. Методики оценки теневой экономики несовершенны, а ее доля велика. Оценка развития малого бизнеса делается на основе выборки, пока опыт подобной работы в российских регионах невелик и получаемые оценки далеки от реальности.

Для каждого вида структуры предлагается модель на основе балансовых уравнений и производственных функций (ПФ) в темпах, уравнений прироста основных фондов (или кумулятивных инвестиций) и численности занятых, которые строятся по всем структурным подразделениям и по экономике Беломорья в целом. Модель достаточно проста, что позволяет быстро получать результаты и легко их интерпретировать:

$$\delta_Y = \varepsilon_K \cdot \delta_K + \varepsilon_L \cdot \delta_L + p,$$

где $\delta_Y = dY/Y$, $\delta_K = dK/K$, $\delta_L = dL/L$ - логарифмическая производная (сглаженные темпы прироста); p - темп нейтрального НТП; $Y(t)$ - валовой региональный продукт (валовая добавленная стоимость), где t - год; $K(t)$ - кумулятивные инвестиции за несколько лет; $L(t)$ - численность занятых.

Прогноз должен учитывать изменение поведения бизнеса в 1990-х годах. Существующие модели и методы прогнозирования недостаточно учитывают влияние структурных сдвигов, происходящих в экономике, а этот процесс ускоряется в переходный период. В переходный период происходят значительные структурные сдвиги - отраслевые, территориальные, технологические, по формам собственности, по размерам предприятий, но главное - меняется система управления предприятиями. Процесс адаптации у предприятий существенно различался и можно выделить три типа поведения и соответственно три сектора региональной экономики, имеющих различную эффективность использования ресурсов.

Одной из основных особенностей модели является учет в уравнениях факторов их структуры по секторам. В таком случае прирост фактора в каждом секторе происходит за счет освоения инвестиций предприятиями данного сектора, а также при перетоке предприятий из других секторов. Каждый из секторов оказывает определенное воздействие на окружающую среду, которое выражается некоторым набором показателей. Суммарный показатель зависит от динамики развития каждого из секторов и их удельного веса.

Также можно оценивать общее воздействие развития экономики или ее отдельных секторов на окружающую среду, определяя интегральный пока-

затель U через сумму отдельных с определенными весами:

$$U = \sum K_i \frac{P_i}{Np_i},$$

где K_i - весовые коэффициенты важности показателя i ; P_i - величина показателя i ; Np_i - нормирующий коэффициент.

Для оценки возможного воздействия развития экономики на окружающую среду можно использовать оценку динамики инвестиций по следующей формуле:

$$\delta_p = \chi \cdot \delta_{ID} + \phi \cdot \delta_{EF} + q,$$

где параметры χ и ϕ определяются по ретроспективному периоду, δ_p - темп роста загрязнений (суммарный индекс или отдельный показатель), δ_{ID} - темп роста инвестиций в экономику региона, δ_{EF} - темп роста инвестиций в охрану окружающей среды.

Второй подход состоит в выявлении влияния непосредственно ВРП и отдельных секторов:

$$\delta_p = \alpha \cdot \delta_Y + \beta \cdot \delta_{EF}$$

Параметры α и β характеризуют эффективность влияния факторов. Определив их по ретроспективному периоду по секторам или экономике Беломорья в целом, можно прогнозировать изменение экологических характеристик в прогнозном периоде в зависимости от развития экономики региона.

Разработка сценарных условий. В зависимости от изменения внешних условий возможны следующие подходы к построению сценариев развития Беломорья:

- экстраполяционный при неизменной эколого-экономической политике властей РФ и региона: отдельные сырьевые отрасли достигли пика своего развития из-за ограниченности рынка и роста затрат, а высокие цены на нефть и газ будут способствовать росту их добычи для экспорта; для отраслей загрязняющих окружающую среду большую часть инвестиций придется тратить на модернизацию устаревших производств с незначительным ростом продаж; рост рынка внутри региона ограничен медленным ростом доходов; рост продаж на российском рынке ограничен высокими издержками из-за северного расположения Беломорья;

- активная эколого-экономическая политика властей РФ, связанная с созданием рыночных институтов, уменьшением налоговой нагрузки при увеличении платежей за ресурсы, стимулированием природоохранной деятельности, созданием системы поддержки инновационной деятельности, уменьшением административных барьеров, ужесточением наказаний за экологические нарушения;

- активная эколого-экономическая политика властей трех субъектов региона, связанная с улучшением инвестиционного климата, стимулированием перехода к слабо воздействующим на окружающую среду технологиям, развитием инновационной инфраструктуры и ужесточением требований к тра-

традиционным отраслям, уменьшением административных барьеров, улучшением подготовки и переподготовки менеджеров, созданием интегрированных бизнес-групп, поддержкой активных и эффективных предприятий и согласованными действиями властей субъектов.

В рамках каждого из этих подходов можно определять сценарные условия, ориентированные на различные действия российских и региональных властей, можно учесть возможную консолидацию региональных властей в рамках Беломорья.

Выделялось несколько основных сценариев экономической политики региональных властей – активизация бюджетного стимулирования инвестиций (в нескольких вариантах – развитие традиционных или развитие сферы услуг включая туризм и информатизацию), активизация трансграничного сотрудничества, активизация инновационной деятельности (создание инновационной инфраструктуры и развитие бизнеса «вокруг» университетов), рациональное использование природных ресурсов при развитии малого бизнеса. По каждому из них определяется разбиение экономики Беломорья на сектора, отражающие особенности сценарных условий и позволяющие сделать прогноз, отражающий влияние внешних для бизнеса условий.

На основе статистической информации и данных специальных опросов можно рассматривать несколько вариантов разбиения экономики региона на сектора. Определяющим для экономического роста является доля наиболее эффективных и быстро развивающихся секторов, а для экосистемы Беломорья – доля секторов с минимальной нагрузкой на окружающую среду и наиболее быстро ее уменьшающих.

Построение сценариев. Идентификация уравнений модели проводится отдельно по всем секторам на основе данных статистики (используются данные с 1990 г., причем начальные точки рядов иногда опускаются). Часть параметров оценивается экспертами с учетом результатов опросов предпринимателей и менеджеров. Прежде всего, это касается оценки их возможной реакции на изменение

внешнего фона и региональной экономической и экологической политики.

Надо отметить, что эффективность инвестиций ϵ_K в экономику Беломорья в целом снижалась в начале 90-х годов, но выросла до 0.3 в последние годы. Анализ динамики взаимосвязи развития экономики и экологических показателей Беломорья показал, что α постепенно снижалось с 0.4 до 0.3 в конце 90-х годов, а затем стало близко к нулю. По карельским данным параметр α уже в конце 90-х годов достиг нуля.

Полученные параметры позволяют построить инерционный прогноз на основе продолжения сложившихся тенденций. Он, как правило, не реализуется, но позволяет сделать некоторые выводы.

На представленных рисунках показано изменение показателей относительно 1990 г. (100%) за 12 лет и на основе тенденции последних лет показана возможная их динамика на перспективу. Из рисунка 1 видно, что тенденция последних лет ведет к незначительному росту производительности труда, одного из основных показателей экономики. Она достигнет уровня 1990 г. лишь примерно к 2010 г. Рисунок 2 показывает взаимосвязь выбросов в атмосферу (частный индекс загрязнений) и ВРП. При продолжении сложившихся тенденций можно ожидать, что выход ориентировочно к 2012 г. на уровень ВРП 1990 г. приведет к уровню выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников примерно в 2.5-3 раза меньшему, чем в 1990 г.

Активизация политики в любом из направлений увеличивает темпы роста, но максимальный потенциальный рост возможный при бюджетном стимулировании инвестиций труднодостижим из-за внутрорегиональных проблем, стимулирование инновационного развития даст заметную для ВРП отдачу за пределами 10 лет и зависит от федеральных властей, трансграничное сотрудничество требует серьезных изменений в регионе. Сценарный подход позволяет просчитывать возможные ситуации и оценивать результаты различных действий региональных властей. Разработка сценариев развития региона (вариантов политики властей региона и РФ и их

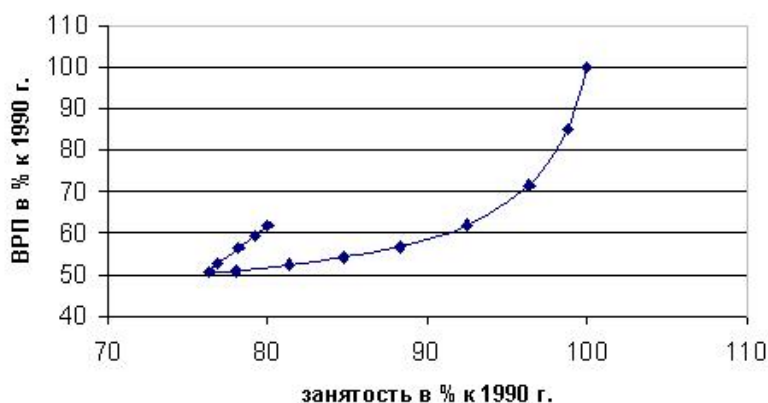


Рис. 1. Взаимосвязь ВРП Беломорья и занятости населения (1990 г. – 100%)

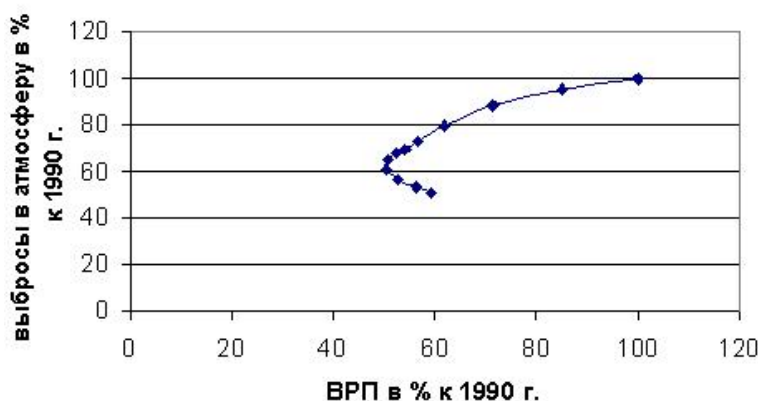


Рис. 2. Взаимосвязь выбросов в атмосферу и ВРП Беломорья

влияния на эффективность функционирования отдельных секторов и на распределение ресурсов между секторами) позволяет изучить различные варианты развития Беломорья – максимально возможное увеличение инвестиций в наиболее слабо воздействующий на окружающую среду сектор; развитие неэффективных секторов для сохранения занятости; рост добычи нефти и газа; использование оптимизационной модели для выявления наименее воздействующей на окружающую среду структуры экономики; скачкообразное увеличение отдельных секторов как результат определенных шагов региональных властей. В сценариях могут рассматриваться возможности решения отдельных проблем или развития специально выделенных направлений.

При разработке прогноза развития экономики региона, ориентированного на мировой рынок, необходимо учитывать долгосрочные прогнозы мирового товарного рынка, прежде всего прогнозы уровня мировых цен на отдельные товары и прогноз потребности в них. Экономика Беломорья зависит от нескольких товаров, составляющих основу их экспорта (апатит, бумага, древесина, железорудный концентрат).

Из предложенных подходов наиболее заметные изменения вносит связанный с ориентацией властей на поддержку наиболее эффективных секторов через бюджетное стимулирование инвестиций. Тогда возможно ускорение структурной перестройки, развитие новых отраслей и рост ВРП на 5-7% в год. Но данный вариант требует значительных финансовых ресурсов и искоренения коррупции. В зависимости от выбора приоритетных отраслей (ЦБП или туризм) и ограничений на их развитие воздействие на окружающую среду может незначительно уменьшаться или возрастать на 4-6% в год.

Активизация трансграничного сотрудничества больше ориентирована на внешние ресурсы и менее затратна для региона. Но ее результаты очень сильно зависят от действий российских властей. Общие реформы, ориентированные на весь бизнес, сделают более привлекательными приграничные и примор-

ские регионы при наличии специальных льгот. В итоге начнутся активные структурные сдвиги и более высокими темпами начнет развиваться переработка ресурсов и смежные с ней отрасли и соответственно будет расти воздействие на окружающую среду.

В третьем сценарии считается, что власти могут создать условия, стимулирующие инновационную деятельность, содействующие развитию инновационной инфраструктуры в регионе. В данном случае при прогнозе на 4-5 лет существенного увеличения темпов роста не происходит – слишком мал удельный вес сектора, хотя и создается потенциальная возможность для быстрого роста в дальнейшем новых отраслей.

С участием экспертов определяются условия достижения этих показателей (мировой рынок, соседние государства, федеральная экономическая политика, политика региональных властей). В результате получаются сценарии развития региона, которые анализируются для выбора наилучших решений. Надо отметить, что решения, которые принимают региональные и федеральные власти, только создают условия для принятия главных решений бизнесом, и именно бизнес определяет темпы роста и структуру региональной экономики. Отсутствие согласованности в действиях властей субъектов РФ, составляющих исследуемый регион (Республика Карелия, Мурманская и Архангельская области), усложняет процесс прогнозирования, кроме того, возникает конкуренция между данными субъектами из-за схожести ресурсов и отраслевой структуры.

Литература

- Гурман В.И., Рюмина Е.В. 2001. Моделирование социально-эколого-экономической системы региона. – М.: Наука, 2001. 175 с.
- Регионы России.. 2004. Статистический сборник. М.: Госкомстат России. 2004. 838 с.
- Методология регионального прогнозирования. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. М.: СОПС, 2003. 140 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. 114-119.

РОЛЬ «ВТОРОСТЕПЕННЫХ» РЫБ В ПРОМЫСЛОВОМ ПОТЕНЦИАЛЕ БЕЛОГО МОРЯ

Б.Г. ЖИТНИЙ

Государственный Комитет РК по рыболовству, Петрозаводск

Существует несколько непромысловых («второстепенных») видов рыб, которые играют важную роль в экосистемах Белого моря, таких как камбалы (полярная *Liopsetta glacialis*, речная *Pleuronectes flesus*, ершоватка *Limanda limanda*, морская *Platessa platessa* и камбала-ерш *Hippoglossoides platissoides*), беломорская треска *Gadus morhua*, полосатая зубатка *Anarchichas lupus*, корюшка *Osmerus mordax dentex*, мойва *Mallotus villosus*, пинагор *Cyclopterus lumpus* и др. Обсуждается величина их запасов и уловов в Белом море. Рассчитано, что рациональный годовой улов этих видов рыб может превышать 500 т. Необходим дополнительный масштабный сбор биологической информации об этих видах.

B.G. Zhitnii. The role of the “accessory” species in fishery potential 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. 114-119.

There are some non-commercial (“accessory”) fishes which play an important role in the ecosystems of the White Sea: flatfishes (Arctic flounder *Liopsetta glacialis*, flounder *Pleuronectes flesus*, dab *Limanda limanda*, plaice *Platessa platessa* and long rough dab *Hippoglossoides platissoides*), Atlantic cod *Gadus morhua*, wolffish *Anarchichas lupus*, smelt *Osmerus mordax dentex*, capelin *Mallotus villosus*, lumpfish *Cyclopterus lumpus* and others. The levels of their stocks and catch in the White Sea were discussed. It was calculated that rational annual catch of these species may be more than 500 tons. The biological investigations of these species have to be more intensive.

В течение последних 50-100 лет добыча рыбы в Белом море сократилась особенно значительно. В настоящее время она не превышает 1500 т/г (Отчет, СевПИПРО, 2003). Не ставя перед собой задачу проанализировать причины такой ситуации, неоднократно обсуждавшейся в литературе, автор предпринял попытку оценить динамику добычи, запасы и возможный вылов так называемых второстепенных рыб Белого моря, к числу которых относятся камбалы, корюшка, треска, пинагор, зубатка и др. Их вылов вовсе не учитывается промысловыми организациями либо регистрируется эпизодически. В основу работы положены материалы отчетов СевПИПРО, Карелрыбвода и Севрыбвода, а также информация, содержащаяся в литературе.

Беломорская треска *Gadus morhua* L обитает в основном Кандалакшском заливе и прилегающий акватории. В Двинском и большей части Онежского залива (южнее Соловецкого архипелага) не встречается (Алтухов и др., 1958). В Мезенском заливе и Воронке обитает мурманская треска. Долгое время считалось (Дерюгин, 1920; Талиев, 1931; Европейцева, 1937; Мухомедьяров, 1963; и др.), что в Белом море обитают две формы (подвиды): «летняя» (местная) и «осенняя» (мигрирующая) треска. Однако, электрофоретический анализ полиморфных белковых систем не выявил существенных отличий по частотам аллелей изученных локусов между выборками трески, собранными в разные сезоны и разных районах моря (Карпов и др., 1984; Новиков, 1995). В

то же время беломорская и баренцевоморская треска достоверно различались между собой (Артемьева, Карпов, 1985). Таким образом, можно считать, что беломорская треска - единая самовоспроизводящаяся популяция атлантической трески, не подразделенная на репродуктивно изолированные группировки и обособленная от других популяций этого вида.

Нерест трески происходит в прибрежных районах Белого моря еще подо льдом (март-апрель). Личинки обнаруживаются в планктоне в мае. Половое созревание происходит за 2-3 года. Максимальный возраст равен 11-12 годам (Европейцева, 1937). В уловах преобладают трех - пятилетние рыбы. Для беломорской трески, также как и для атлантической, характерно чередование урожайных и неурожайных поколений. Беломорская треска не образует многочисленных скоплений и не совершает протяженных миграций. Она держится довольно разреженно: крупные рыбы - дальше от берега, а мелкие - ближе. Треска подходит к берегам вслед за косяками сельди, наваги и корюшки, которыми она питается. Промысел трески производится в летние месяцы. Ее ловят на удочки, сетями и мережами. Уловы обычно во много раз больше того, что сдают рыбаки, поэтому официальная статистика не отражает действительных величин рыбодобычи. По данным В.Е. Розова (1914, цит. по: Европейцева, 1937) уловы трески за лето в д. Ковда и д. Черная Речка достигали 112 -128 тонн. В районе Кандалакши с 1985 по 1915 гг. ежегодно вылавливалось 3.8 т трески

(Талиев, 1929, цит. по: Европейцева, 1937). Среднесуточный улов на удочку равнялся 30-50 кг и более, а на одну мережу – до 130 кг (Европейцева, 1937). Наилучшими до середины 1960-х годов были уловы в районах Гридино - Калгалакша (21.5 т.), Чупа - Кереть (8.3 т.), Лапсево - Черная Речка (3.2 т.). В остальных районах они не превышали 2-3 т. (Мухомедьяров, 1963). В то же время в отдельные годы они были более значительными. Так, в 1950 году в районе д. Гридино было выловлено 52.6 т., т.е. столько же, сколько во всех губах Кандалакшского з-ва в лучшие годы (Сонина, 1957). По данным опытного лова в 1952г в губе Западная Порья семью мережами через день вылавливали от 500 до 1400 кг трески (Сонина, 1957). В целом, имеющиеся материалы свидетельствуют о том, что беломорская треска обладает значительным промысловым потенциалом (Табл. 1).

Информация с начала 1990-х годов прошлого столетия не отражает реальной картины вылова трески в Белом море, из-за нарушения инфраструктуры и организации промысла на местах. Большое количество вылавливаемой трески идет на нужды местного населения. Учесть реальные объемы изъятия рыбы практически невозможно. Ориентировочная оценка промысловой нагрузки на популяцию

беломорской трески произведена с помощью модели динамического запаса Бивертон-Холта (Карпов и др., 1985). Хотя не все параметры модели соответствуют приведенным выше данным об особенностях беломорской трески, трудно не согласиться с результатами анализа, свидетельствующими о недоиспользовании запасов промыслом.

Запасы трески в Белом море практически не исследованы. По результатам гидроакустической съемки 1987 года в Кандалакшском заливе обнаружено порядка 6.5-7.5 млн. экземпляров трески с общей биомассой порядка 1.7-2.0 тыс. тонн (Ермольчев и др., 1990). Траловая и акустическая оценки распределения и запасов трески, произведенные в сентябре-октябре 2003 года НИС «Поиск», показали, что общая биомасса трески составляет 800 т. Если усреднить данные двух этих съемок, то запасы трески в Белом море можно оценить примерно в 1.3 тыс. тонн.

По экспертной оценке Севпинро, исходящей из данных гидроакустической съемки 2003 г, возможный вылов без ущерба для запаса составляет 200 тонн. По отдельным районам вылов прогнозируется следующим образом (Табл. 2). Если принять усредненные данные, то годовой вылов может быть увеличен в полтора раза: до 320-330 тонн.

Таблица 1. Вылов трески в Белом море (в т.)

Год	Вылов	Год	Вылов	Год	Вылов
1950	113	1968	27	1987	5.4
1951	50	1969	151	1988	13.5
1952	32	1970	72	1989	-
1953	51	1971	36	1990	41.8
1954	37	1972	99	1991	5
1955	148	1973	13	1992	5.7
1956	145	1975	42	1993	1.5
1957	315	1976	15	1994	6.9
1958	268	1977	115	1995	2.6
1959	34	1978	3	1996	0.9
1960	79	1979	5	1997	1.4
1961	54	1980	-	1998	0.9
1962	8	1981	11	1999	1.9
1963	-	1982	-	2000	8.7
1964	15	1983	12	2001*	29
1965	127	1984	2.5	2002*	51
1966	3	1985	4	2003	84.1
1967	17	1986	-		

* - экспертная оценка СевПИНРО.

Таблица 2. Прогнозируемый вылов трески в Белом море в 2005г (в т.)

Район промысла			Всего
Двинский залив	Побережье Карелии	Кандалакшский залив	
10	150	40	200

В Белом море обитает 5 видов камбал (Кобелев, 1995): полярная *Liopsetta glacialis* (Pallas), речная *Pleuronectes flesus*, ершоватка *Limanda limanda* (L.), морская камбала *Platessa platessa* (L.) и камбала-ерш *Hippoglossoides platessoides* (Fabr). Наиболее многочисленна из них полярная камбала. Она обитает во всех заливах Белого моря, ведет донный образ жизни, больших миграций не совершает и обычно не покидает пределы губ, в которых обитает. Половозрелость наступает на втором – третьем году жизни. Нерест происходит в январе – феврале подо льдом. В Канда拉克шском, Онежском и Двинском заливах полярная камбала достигает возраста 12-13 лет при длине 33-35 см. В Мезенском заливе в уловах встречаются рыбы в возрасте 16 лет, а в Воронке – 20 лет при длине 28-29 см.

Речная камбала встречается в Белом море повсеместно, предпочитая солоноватые воды заливов и бухт, устья рек, по которым может подниматься довольно высоко вверх. Она не осуществляет значительных миграций, перемещаясь на небольшие расстояния при откорме, нересте и зимовке. Созревание происходит в возрасте 3-5 лет. Максимальный возраст – 8-10 лет при длине 43-48 см. Нерестится в апреле-июне в прибрежных районах моря. Икра и личинки, как у всех камбаловых, развиваются в пелагиали, разносясь на большие расстояния. Молодь речной камбалы до полового созревания держится в устьях рек, а затем откочевывает в предустьевые пространства.

Ершоватка наиболее многочисленна в Онежском и Канда拉克шском заливах (Андряшев, 1954). Больших миграций не совершает, но перекочевывает к местам нереста и нагула. Осенью держится у берегов на глубине около 10 м, предпочитая места с

песчаным грунтом и хорошим течением (Алтухов и др., 1958). Максимальный возраст – 8 лет. При этом камбалы достигают длины 35 см и массы 300 г. Половая зрелость наступает на 3-4 году жизни. В Онежском заливе нерест происходит в июне-июле, в Канда拉克шском – с июня до середины августа.

Морская камбала, широко распространенная вдоль атлантического побережья Европы, заходит и в Воронку Белого моря (Алтухов и др., 1958). Она достигает больших размеров (максимальная длина – 80 см). Живет до 25 лет. Основу промысла составляют рыбы размером 45-50 см. Половозрелость наступает в возрасте шести-семи лет. Нерестится с февраля по июнь, как в прибрежье, так и на больших глубинах (150-200 м).

Камбала-ерш, обитающая в Северной Атлантике и Северном ледовитом океане, заходит для откорма в Воронку. Нерестится в открытом море на глубинах более 125 м. Половозрелость наступает в возрасте 7-10 лет.

Чаще других в Белом море вылавливаются полярная и речная камбалы. Их добывают в качестве прилова при промысле наваги, трески и сельди. Имеющихся данных явно недостаточно для оценки запасов этих рыб и определения допустимого изъятия. По имеющимся материалам уловы камбал (без разделения на виды – Б.Ж.) можно оценить следующим образом (Табл. 3).

Данные промысловой статистики за последние годы по субъектам Российской Федерации (также без разделения по видам), основанные на материалах ГУП «Севрыбвод» и «Карелрыбвод», приведены ниже (Табл. 4).

Таблица 3. Вылов камбаловых рыб в Белом море (в т.)

Вылов	Онежский залив	Двинский залив	Мезенский залив	Все море	Воды Карелии
Средний за 1942 -1943 годы	28	70	75	173	50
Среднегодовой с 50-х годов	2.8	26.2	16.8	42.6	27.6
Максимальный с 50-х годов	12.8 (1957)	124.4 (1964)	81.3 (1961)	174.1 (1965)	126.0 (1957)

Таблица 4. Вылов камбаловых рыб по субъектам Российской Федерации (в т.)

Год	Вылов	
	Архангельская область	Воды Карелии
1996	9.6	2.4
1997	5.8	2.4
1998	24.3	2.5
1999	7.3	0.9
2000	15.8	3.2
2001	7.3	-
2002	10.7	-

С учетом информации по видовому составу камбаловых в разных районах моря, а также того, что их вылов в последние годы большей частью не учитывается, величину допустимого вылова в 2004-2005 гг. можно определить следующими величинами (т.):

1. Онежский залив – 5
4. Все море (Арханг. обл) – 78.
2. Двинский залив – 26
5. Воды Карелии -10.
3. Мезенский залив – 47.

Корюшка, обитающая в Белом море, представлена одним из подвигов *Osmerus mordax dentex* Steindachner. Она распространена по всему морю. Обитает в основном в прибрежных районах, больших миграций не совершает. Весной (май-июнь) заходит в реки на нерест. Ее преднерестовые скопления обнаруживаются еще подо льдом в апреле в предустьевых участках рек. После нереста корюшка около месяца откармливается у берегов, а затем откочевывает в открытые части заливов, где и держится в течение всего лета, не образуя при этом скоплений. В конце ноября взрослые рыбы скапливаются на зимовку в прибрежных районах, где обитают до начала нерестовых миграций в реки. Основу популяций составляют рыбы в возрасте 2-5 лет. Максимальный возраст - 10 лет. Наибольшие длина и масса беломорской корюшки составляют соответственно 28-31 см и 145-190 г. Половозрелость наступает за 3-4 года.

Специализированный лов корюшки в Белом море ведется только в Карелии. Ловят ее весной вблизи деревень Нюхча, Колежма, Юково, Сума, Вирма, Сорокская, Шуя, Кемь, Летняя, Поньгома, Калгалакша и Гридино и др. Максимальный вылов приходится на д. Нюхча, где в период с 1948 по 1953 гг. добывали в среднем за год 75.4 тонны. В 2003 году в этой деревне рыболовецким колхозом и любителями было выловлено 25.8 т. корюшки. В среднем по Карелии (данные ГУП «Карелрыбвод») с 1950 по 2000 гг. вылов корюшки составлял 80, а максимальный (1964г) – 244.5 т/г. В других районах корюшку вылавливают в меньших количествах. В куту Онежского залива (береговая зона Архангельской области) ее вылов с 1955 по 1995 гг. составлял за год в среднем 17.4 т., а максимальный (1960 г.) – 48.6 т. В Двинском заливе традиционными местами лова являются Унская губа и река Северная Двина. Среднегодовой вылов корюшки с 1957 по 2000 гг. составил 19.6 т., а максимальный (1966 г) – 71.2 т. В Мезенском заливе в среднем с 1953 по 1955 годы добывали 5.1, при максимальном вылове (1962 г.) – 28.7 т/г.

По многолетним данным ГУП «Севрыбвод» вылов корюшки в Белом море в течение последних 50 лет имел высокие показатели. Максимальная добыча была зафиксирована в 1960 году и составила

357.8 т. Среднегодовой вылов с 1950 по 2000 гг. составил 112 т. В последнее время вылов корюшки значительно уменьшился. Однако, это скорее всего отражает сокращение промысловой нагрузки, вызванной уменьшением числа рыболовецких колхозов и развитием частного рыболовства. Исходя из приведенных материалов и данных о современном состоянии промысла, вылов корюшки в Белом море можно определить в размере 50% от среднееголетнего. Данный объем добычи вместе с предполагаемым неучтенным ловом не превысит среднееголетние показатели (Табл. 5).

Пинагор *Cyclopterus lumpus* является весьма распространенным объектом промысла во многих странах на Атлантическом побережье Западной Европы, где суммарно за год добывается от 4 до 11 тыс. тонн (Орлова, Пахомова, 1994). В Белом море пинагора ловят в основном в июне (нерестовый период) практически по всей акватории. В настоящее время специализированного промысла в Белом море нет (за исключением района р. Койда в Мезенском заливе). Оценить величины запаса и допустимого улова можно только экспертным методом на основе данных промысловой статистики и информации, имеющейся в литературе. К сожалению, имеющиеся статистические данные (Табл. 6) достаточно достоверны только для периода 1930-50 годов.

Промысел пинагора в Белом море был организован в 1934 г. в Онежском и Кандалакшском заливах. Впоследствии наиболее интенсивный промысел осуществлялся на Летнем берегу Двинского залива. В 1943 г. на тонях по Летнему берегу для ловли пинагоров было установлено 1600 одностенных сетей. В конце 1940-х – начале 50-х годов прошлого века наибольшее количество пинагоров добывалось в Карелии (район д. Гридино, губа Летняя и др.).

В 1940 г. наблюдалась вспышка численности пинагора. При этом было поймано более 1.5 тысячи тонн. С 1941 по 1950 гг. среднегодовой вылов составлял 110.6 т, а максимальный – 240 т (1950 г.). С начала 1960-х годов с развитием океанического лова интерес к второстепенным объектам промысла внутренних морей начал угасать. Лов пинагора в Белом море резко сократился, а в ряде районов прекратился вовсе. Промысловый потенциал вида явно недоиспользовался. С 1961 по 1995 гг. среднегодовой вылов составил 15.5, а максимальный – 84.2 тонны. Сокращение вылова обусловлено резким снижением промысловых усилий. Так, например, в районе р. Койды, где еще ведется промышленный лов пинагора, в 2002 г. было выставлено 11 ставных неводов, а в 2003 – всего 3.

Таблица 5. Возможный вылов корюшки в Белом море (в т.)

	Архангельская область				Все море
	Онежский залив (кут)	Двинский залив	Мезенский залив	Воды Карелии	
Возможный вылов	8.7	9.8	2.6	40.0	61.1

Таблица 6. Вылов пинагора в Белом море (в т.)

Год	Вылов	Год	Вылов	Год	Вылов	Год	Вылов
1931	-	1951	112.3*	1971	10.4	1991	15.0
1932	-	1952	112.3*	1972	4.5	1992	7.0
1933	-	1953	112.3*	1973	62.5	1993	16.6
1934	424.2	1954	-	1974	14.3	1994	-
1935	-	1955	-	1975	9.3	1995	4.2
1936	-	1956	-	1976	84.2	1996	-
1937	64.8	1957	37.0	1977	42.2	1997	-
1938	385.6	1958	68.2	1978	2.2	1998	-
1939	190.5	1959	87.6	1979	6.0	1999	0.2
1940	1517.8	1960	33.5	1980	5.3	2000	-
1941	230.9	1961	17.7	1981	-	2001	-
1942	85.2	1962	1.4	1982	-	2002	15.8
1943	168.1	1963	39.1	1983	2.6	2003	5.0
1944	-	1964	10	1984	-	-	-
1945	-	1965	17.2	1985	8.9		
1946	-	1966	29.5	1986	17.1		
1947	-	1967	64.7	1987	5.1		
1948	112.3*	1968	1.5	1988	0.6		
1949	112.3*	1969	0.3	1989	-		
1950	112.3*	1970	0.3	1990	-		

*- Среднегодовой вылов в 1948-1953 гг. в 1950 г. вылов составил 240 т.

Необходимо восстановить промысел пинагора, наладив переработку продукции, в частности, засолку икры. Очевидно, также, что нужны детальные исследования, направленные на определение промыслового потенциала этого вида. Однако, даже исходя из имеющихся материалов, можно предполагать, что без ущерба для популяции, уловы пинагора в Белом море могут быть на уровне не ниже 70 тонн в год (Табл. 7).

Таблица 7. Возможный вылов пинагора в Белом море

Район	Возможный вылов (в т.)
Мезенский залив	20
Карелия	20
Двинский залив	20
Соловецкие острова	10
Все море	70

К числу второстепенных (в промысловом отношении) и недоиспользуемых рыб прибрежной зоны Белого моря относятся и некоторые другие виды, например, полосатая зубатка *Anarchichas lupus* L., мойва *Mallotus villosus villosus* (Miiller), сиг *Coregonus lavaretus pidschian* (Gmelin), сайка *Boreogadus saida* (Lepechin) и др.. По имеющимся в литературе материалам добыча зубатки только в водах карельского побережья в 50-х годах составляла около 25-30 т/г (Мухомедьяров, 1963). Уловы мойвы с 1960 по 1985 гг. колебались от 0.3 до 74.5 т/г, при среднем уровне добычи порядка 12.1 т/г (Елсукова, 1995). К сожалению, мы не располагаем информацией, достаточной для оценки запасов, промыслового потенциала и возможного изъятия этих видов рыб.

Сиг издавна служил довольно важным объектом промысла. Его добывали обычно в реках вместе с семгой в период анадромных миграций. В море сига вылавливали в небольших количествах в качестве прилова. Статистика уловов сига в большинстве случаев не велась, поэтому имеющиеся представления о размере промысла сига в Белом море неполные.

В 30-40 годах нашего столетия вылов сига на Карельском побережье составлял в год около 48 т. В 1949-1954 гг. там же вылавливалось ежегодно 18 т, а в 1972-1977 гг. - 11 т (Дирин, Тарасова, 1981). В р. Онеге в 1951-1955 гг. ежегодно вылавливалось 9 т сига, а в 1970-1980 гг. - не более 1 тонны в год. В Северной Двине в 1954-1963 гг. среднегодовой вылов сига равнялся 32 т, а в 1969-1978 гг. - 19 тонн (Ершов, 1995). На основании этих данных, можно лишь приблизительно определить годовой вылов сига в Белом море в 40-х годах равным 50-100 тоннам. В настоящее время он сократился в несколько раз (Ершов, Дирин, 1995).

Сайка или полярная тресочка относится к числу высокоарктических холодолюбивых рыб. Ее заходы в Белое море и высокие уловы приурочены к периодам климатического похолодания. Вылов сайки обычно невелик, хотя в отдельные годы может быть весьма существенным. Так, зимой 1942/1943 гг. в Белом море ее было выловлено свыше 8 тыс. тонн (Тамбовцев, 1952). В 1980-х годах прошлого столетия сайка практически перестала ловиться в Белом море. Произошло это из-за резкого сокращения ее запасов в Баренцевом море (Стасенков, 1998).

В целом, подытожив приведенную информацию, можно заключить, что суммарный вылов всех рыб, о которых шла речь, весьма значителен: поряд-

ка 500–600 тонн в год, что составляет не менее одной трети от добычи промысловых рыб Белого моря. Это соответствует данным о том, что вылов второстепенных промысловых рыб в Белом море с 1956 по 1983 годы давал в среднем за год около 0.65 т. (Зеленков, Гермашев, 1985). По-видимому, запасы и уловы этих рыб остались практически неизменными в течение, по крайней мере, 50 последних лет на фоне падения добычи основных промысловых рыб Белого моря. Очевидно, что для более обоснованного суждения о промысловом потенциале этих видов необходим дополнительный масштабный сбор биологической информации. Однако, и на имеющемся уровне, можно сделать заключение о том, что промысловых усилий по эксплуатации этих рыб недостаточно. Необходимо развивать прибрежный лов, имеющий особо важное значение для местного населения.

Литература

- Алтухов К.А., Михайловская А.А., Мухомедьяров Ф.Б., Надежин В.М., Новиков П.И., Паленичко З.Г. 1958. Рыбы Белого моря. Петрозаводск. 162С.
- Андряшев А.П. 1954. Рыбы северных морей СССР. М.-Л. 566 с.
- Артёмьева К.Ф., Карпов А.К. 1985. Оценка сходства беломорской и баренцевоморской трески по данным биохимической енетики // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. Архангельск. С. 203-204.
- Дерюгин К.М. 1920. Новая форма трески из оз. Могильного // Тр. Петроград. об-ва естествоиспытателей. Вып. 1. С. 26-28.
- Дирин Д.К., Тарасова В.А. 1981. Вопросы промысла и биологии беломорского сига // В кн.: Биология и биотехника разведения сиговых рыб. Петрозаводск. С. 41-44.
- Европейцева Н.В. 1937. Расовый анализ беломорской трески. Л. 98 с.
- Елсукова Р.Р. 1995. Мойва // В кн.: Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. СПб. Зоологический институт РАН. Ч. 2. С. 77-78.
- Ермоличев В.А., Иванченко О.Ф., Мамилов В.С., Новиков Г.Г., Похилук В.В. 1990. Гидроакустические исследования запасов сельди и трески в Белом море: результаты и перспективы // В кн.: Результаты изучения беломорской сельди. Л. Зоологический институт РАН. С. 100-110.
- Ершов П.Н., Дирин Д.К. 1995. Сиг // В кн.: Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. СПб. Зоологический институт РАН. Ч. 2. С. 88-103.
- Зеленков В.М., Гермашев О.В. 1985. Промысловые ресурсы Белого моря и возможности их использования // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. Архангельск. С. 26-30.
- Карпов А.К., Осипов А.Г., Новиков Г.Г. 1984. Треска Белого моря. Изменчивость по белковым структурам // Вопросы ихтиологии. Т. 24. Вып. 4. С. 552-560.
- Карпов А.К., Криксунов Е.А., Новиков Г.Г. 1985. К вопросу о возможности промысловой эксплуатации беломорской трески // В кн.: Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. Архангельск. С. 231-223.
- Кобелев Е.А. 1995. Камбалы // В кн.: Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. СПб. Зоологический институт РАН. Ч. 2. С. 62-66.
- Мухомедьяров Ф.Б. 1963. Биология и промысел второстепенных промысловых рыб Карельского побережья // В кн.: Материалы по комплексному изучению Белого моря. М.-Л. Вып. 2. С. 131-143.
- Новиков Г.Г. 1995. Треска // В кн.: Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. СПб. Зоологический институт РАН. Ч. 2. С. 51-62.
- Орлова Э.Л., Пахомова. Н.А. 1994. Краткая характеристика прибрежного района и его сырьевых ресурсов // В кн.: Закономерности формирования сырьевых ресурсов побережья Баренцева моря и рекомендации по их промысловому использованию. Апатиты. 1994. С. 30-34.
- Отчет СевПИПРО о научно-исследовательской работе. Архангельск. 2003. 152 с.
- Сонина М.А. 1957. Треска Белого моря // В кн.: Материалы по комплексному изучению Белого моря. М.-Л. Вып. 1. С. 230-242.
- Стасенков В.А. 1998. Состояние и проблемы рыбных промыслов в 1980-1990-х гг. // В кн.: Проблемы изучения и рационального использования природных ресурсов Белого моря. СПб. Зоологический институт РАН. С. 37-41.
- Талиев Д.Н. 1931. К познанию трески Белого моря. // Изв. Ленингр. Ихтиол. Ин-та. Л. 1931. Т. 11. Вып. 2. С. 102-148.
- Тамбовцев Б.М. 1952. Сайка // В кн.: Промысловые рыбы Баренцова и Белого морей. Л. 1952. С. 157-161.

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 120-124.

ПРИЛИВНОЙ ПЕРЕНОС ПРИМЕСИ В УСТЬЕ РЕКИ КЕМЬ

Р.Э. ЗДОРОВЕННОВ, Г.Э. ЗДОРОВЕННОВА

Институт водных проблем Севера, Карельский научный центр РАН, Петрозаводск

Приводятся результаты натурных гидрофизических исследований и гидродинамического моделирования приливных течений, хода уровня и приливного переноса примеси в мелководном устье р. Кемь (Онежский залив Белого моря). Показано, что в устьевой области р. Кемь определяющее влияние на перенос примеси оказывают сильные приливо-отливные течения, величина расхода реки играет незначительную роль. В связи с тем, что в акватории остаточная приливная циркуляция слаба, со временем происходит накопление примеси в непосредственной близости от источника.

P.E. Zdorovenov & G.E. Zdorovenov. Tidal transport of pollutants in estuary of Kemi River // 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. 120-124.

The importance of tidal mixing and transfer is discussed in relation to the distribution of substance in a shallow Kemi estuary (the White Sea). Results of hydrophysical investigations in Kemi estuary are presented. Calculation of tidal currents, sea-level fluctuations and distribution of substance are realized using simulation program CARDINAL. It is shown that the residual tidal circulation in Kemi estuary is rather weak.

В связи с возрастающим антропогенным воздействием на экосистемы прибрежных акваторий Белого моря в последние годы обострилась необходимость разработки методов оценки состояния, охраны и рационального использования их ресурсов. Наряду с натурными исследованиями акваторий, перспективным путем решения широкого круга задач в настоящее время стало математическое моделирование. Приливные процессы в существенной степени определяют динамику вод, распространение вещества, функционирование прибрежных экосистем Белого моря. В связи с этим изучение влияния приливной динамики на перенос и диффузию примеси в прибрежной зоне Белого моря является актуальной задачей научных исследований.

Для оценки характера и интенсивности взаимодействия речных и морских вод в зоне со значительной приливной динамикой в летние месяцы 2001 г. в Онежском заливе Белого моря Институтом водных проблем Севера КарНЦ РАН проводились гидрофизические исследования. Пространственные съемки температуры и электропроводности выполнялись STD-зондами, а длительные измерения на автономных буйковых станциях температуры, уровня моря, скорости и направления течений – регистраторами фирмы Aanderaa (TR-1, WLR-5, RCM-4). Основные характеристики используемых приборов с указанием измеряемых параметров, диапазона измерений, точности и разрешающей способности приведены в (Dolotov et al., 2002).

Анализ данных натурных измерений показал, что в Онежском заливе Белого моря происходит интенсивное приливное перемешивание в мелко-

водной прибрежной зоне. В летний период наблюдается неоднородное распределение температуры и солености по глубине, связанное в первую очередь с прогревом верхнего слоя. На небольших глубинах (примерно до 10-15 м) вся водная толща стратифицирована слабо. Хорошо выраженная стратификация наблюдается лишь в районах с глубинами более 15 м. Речные воды и взвесь поступают в верхний слой и на небольших глубинах в фазу прилива перемешиваются с нижними морскими водами, а в более глубоких районах перемешивание происходит только в верхнем слое. В районах с глубинами более 15 м в нижнем слое располагаются холодные морские воды с повышенными значениями солености.

В Онежском заливе Белого моря доминирует полусуточная волна M_2 (Гидрометеорология..., 1991). На входе в Онежский залив приливные течения имеют реверсивный характер. Минимальные амплитуды колебаний уровня отмечаются на открытых акваториях, максимальные – в районах устьев рек и на мелководьях. Практически везде наблюдается неравенство приливных и отливных фаз. В устьях рек отмечено уменьшение скоростей приливных течений, что можно объяснить трансформацией приливной волны на мелководье и ее взаимодействием с речным потоком. В устье р. Кемь наблюдались приливные колебания уровня и течений с периодом полусуточной волны. Скорости приливных течений на приливе и отливе были незначительны (не более $0.1 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$), на полной и малой воде возрастали до $0.6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Было проведено моделирование приливных колебаний уровня, течений и переноса примеси в устье

р. Кемь (Рис. 1) путем численных экспериментов с помощью программы CARDINAL, реализующей систему уравнений мелкой воды, уравнение горизонтального переноса и турбулентной диффузии в криволинейных координатах и предназначенной для исследования динамики прибрежных вод (Клеванный, 1999).

В двумерной постановке уравнения для полных потоков и уравнение горизонтального переноса и турбулентной диффузии имеют вид:

$$\begin{aligned} U_t + \left(\frac{U^2}{H} \right)_x + \left(\frac{UV}{H} \right)_y &= -gH\zeta_x + fV + K\Delta U - f_b \frac{U|\vec{V}|}{H^2} \\ V_t + \left(\frac{UV}{H} \right)_x + \left(\frac{V^2}{H} \right)_y &= -gH\zeta_y - fU + K\Delta V - f_b \frac{V|\vec{V}|}{H^2} \\ \zeta_t + U\zeta_x + V\zeta_y &= 0 \\ (\bar{c}H)_t + (U\bar{c})_x + (V\bar{c})_y &= AH\Delta\bar{c} - \lambda\bar{c}H \end{aligned} \quad (1)$$

где U и V – полные потоки; H – полная глубина потока; g – ускорение свободного падения; ζ – уровень свободной поверхности; f – параметр Кориолиса; K – коэффициент горизонтального турбулентного обмена; f_b – коэффициент придонного трения; $\bar{c}$ – осредненная по глубине концентрация; A – коэффициент горизонтальной турбулентной диффузии примеси; λ – коэффициент неконсервативности примеси.

Коэффициент горизонтального турбулентного обмена K рассчитывался при помощи эмпирической формулы, и его значение зависело от шага сетки и суммы градиентов составляющих скорости. Для коэффициента придонного трения f_b была принята безразмерная величина 0.014. Коэффициент горизонтальной турбулентной диффузии примеси A рассчитывался по эмпирической формуле, связываю-

щей этот коэффициент с масштабом процесса L (локальный шаг сетки):

$$A = 10^{-6} e^{(1.15 \ln(100L))} \quad (2)$$

Значение коэффициента неконсервативности λ принималось равным нулю.

Система уравнений (1) решается при следующих граничных и начальных условиях. На твердых границах расчетной области принималось условие непротекания. На открытых границах задавались колебания уровня с периодом полусуточной волны M_2 и амплитудой 0.65 м и среднегодовой расход реки. Поступление примеси задавалось в виде точечного источника постоянной интенсивности мощностью 100 ед.·м⁻³.

Для учета сложного очертания береговой линии приустьевой области р. Кемь, расположенных в ней островов и особенностей рельефа дна была построена криволинейная координатная сетка с пространственным шагом 100-250 м (Рис. 1).

Анализ результатов моделирования показал, что на приливе и отливе скорости течений в приустьевой области р. Кемь незначительны, на большей части акватории они составляют 0.05-0.15 м·с⁻¹, в узостях между островами и в устье р. Кемь увеличиваются до 0.35 м·с⁻¹ (Рис. 2). В моменты полных и малых вод скорости течений возрастают до 0.50-0.75 м·с⁻¹, в узостях их значения превышают 1.00 м·с⁻¹. Стоковое течение из устья р. Кемь наиболее хорошо развито на малой воде, скорости его достигают значений 0.75 м·с⁻¹. В пункте, расположенном в устье р. Кемь, время роста уровня на 5-10 минут меньше времени падения. Неравенство полных и малых вод проявляется слабо. Остаточная приливная циркуляция в акватории мала. Результаты моделирования

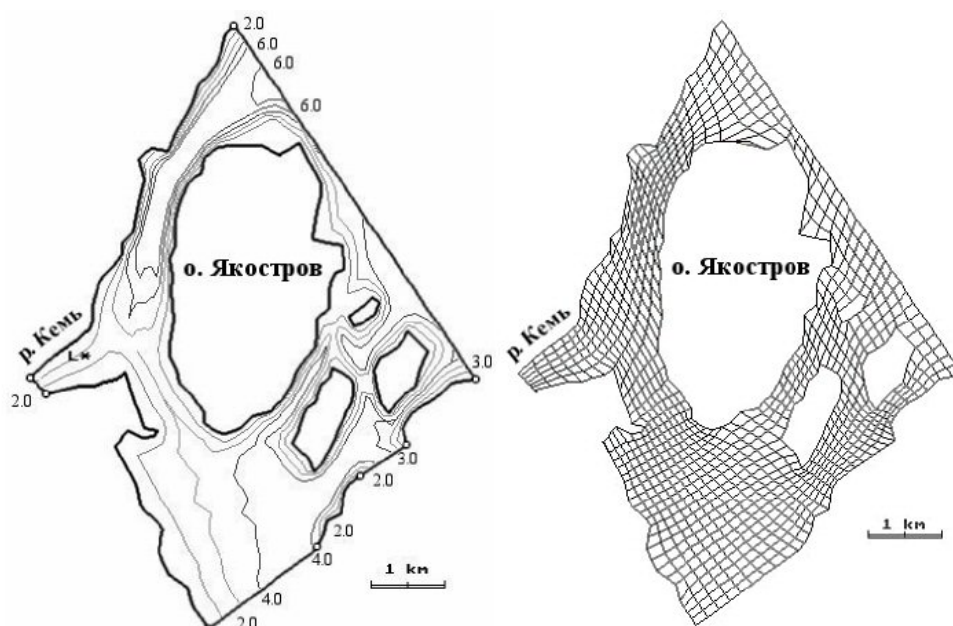


Рис. 1. Батиметрия приустьевой области р. Кемь, местоположение мареографа колебаний уровня моря (L*) и сеточная область, используемая при моделировании

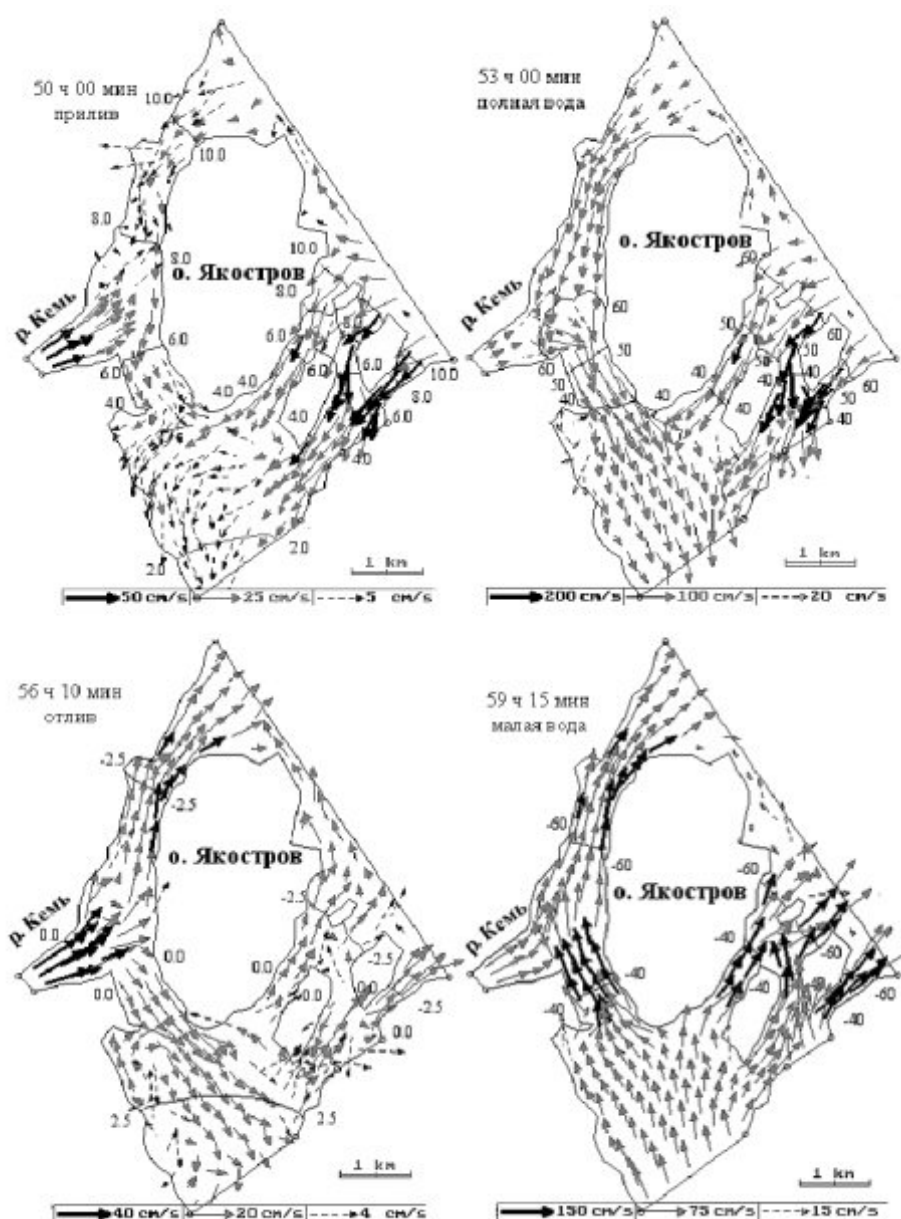


Рис. 2. Скорости течений и положения уровня в течение приливного цикла в приустьевой области р. Кемь

приливных явлений в устье р. Кемь достаточно адекватно описывают особенности приливной динамики акватории, выявленные в ходе натурных исследований (Dolotov et al., 2002).

Для исследования распространения примеси в приустьевой области р. Кемь было проведено два эксперимента. В первом была получена картина переноса примеси при задании среднегодового расхода реки по расчетной области в течение одного приливного цикла. Во втором эксперименте исследовался перенос примеси за три приливных цикла при минимальном, среднегодовом и максимальном расходах реки. В устье р. Кемь устанавливался точечный источник примеси мощностью $100 \text{ ед.} \cdot \text{м}^3$. Получены следующие результаты.

В момент равновесного положения уровня на приливе (74 ч 40 мин) пятно примеси вытянуто вдоль материкового берега в виде узкой полосы (Рис. 3). Концентрация примеси максимальна в средней части этой полосы на расстоянии до двух км от источника. Затем картина существенно меняется. В конце прилива пятно примеси начинает смещаться вправо от устья реки. В момент полной воды (77 ч 40 мин) основной поток примеси направлен ниже о. Якостров. При этом максимальные концентрации примеси наблюдаются вдоль материкового берега.

В момент равновесного положения уровня на отливе (80 ч 40 мин) вся примесь переносится вправо и вниз от устья р. Кемь. В следующие три часа отлива поток примеси быстро возвращается на прежнее место. К моменту малой воды (83 ч 40 мин)

пятно примеси заполняет все пространство между материком и о. Якостров. Небольшие концентрации примеси наблюдаются с мористой стороны о. Якостров, которые в течение следующих двух часов счёта уносятся отливным течением за пределы сеточной области. К началу прилива (85 ч 40 мин) пятно примеси вновь вытянуто вдоль материкового берега акватории в виде узкой полосы.

Во втором эксперименте перенос примеси исследовался при задании минимального ($97 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$), среднегодового ($260 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$) и максимального ($500 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$) расходов р. Кемь. Для всех вариантов было рассчитано начальное положение пятна при-

меси – на 27 ч счёта. На этот момент в акватории наблюдается полная вода, и пятно примеси целиком находится в пределах сеточной области. Были получены положения пятна примеси через один, два и три приливных цикла. Во всех трех вариантах временная изменчивость положения пятна примеси после 51 ч 50 мин (второй приливной цикл) мала. Это говорит о том, что остаточная приливная циркуляция в данной акватории очень незначительна. В случае минимального расхода реки пятно с максимальными концентрациями за три приливных цикла не успевает покинуть устьевой области (Рис. 4).

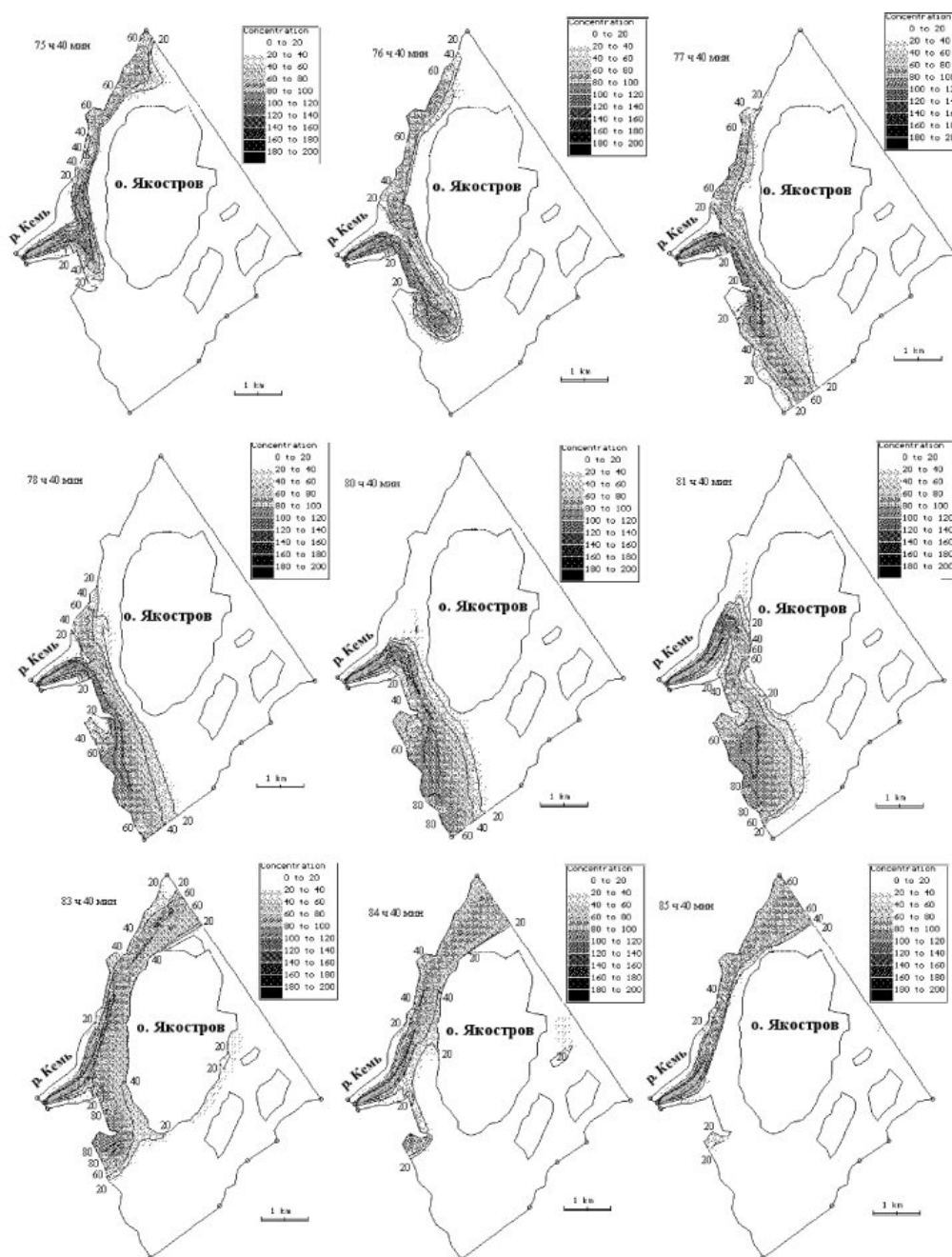


Рис. 3. Временная изменчивость пятна примеси в приустьевой области р. Кемь в течение приливо-отливного цикла при среднегодовом расходе реки

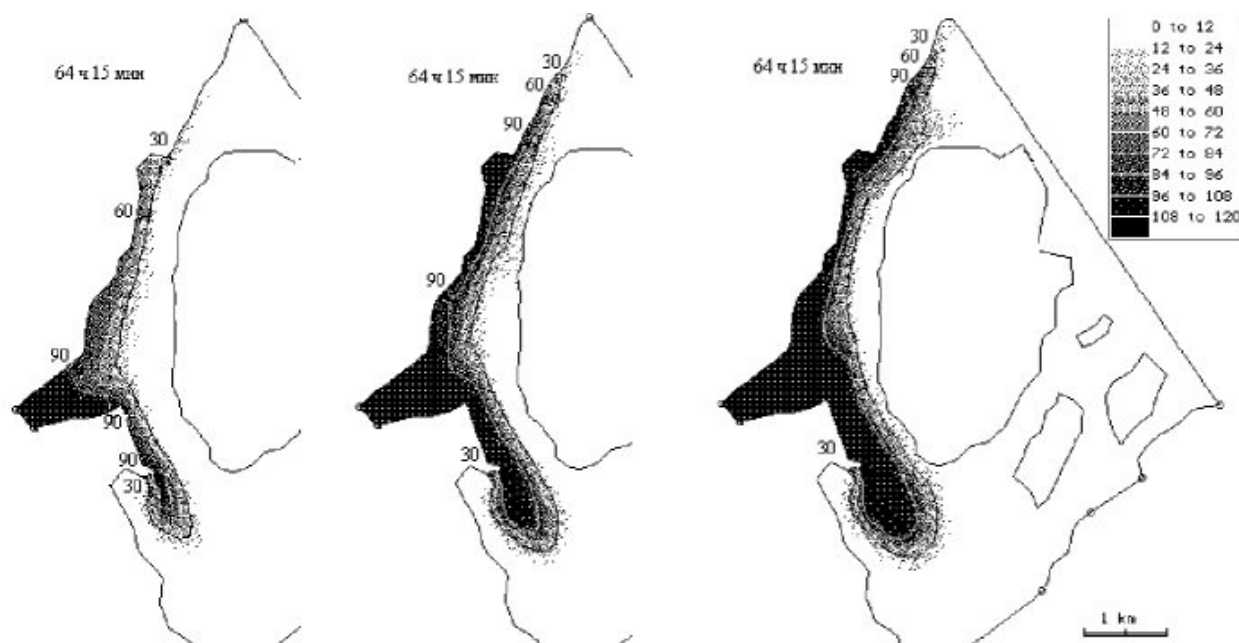


Рис. 4. Распространение пятна примеси в приустьевой области р. Кемь при задании минимального (слева), среднегодового (в центре) и максимального (справа) расходов реки

В случае среднегодового и максимального расходов граница пятна с максимальными концентрациями примеси за три приливных цикла удаляется от устья вверх на три и четыре км соответственно. Расстояние, на которое распространяется граница пятна с максимальными концентрациями примеси вправо от устья реки составляет 1.5 км для минимального расхода и 2.0 км для среднего и максимального. Ширина пятна с максимальными концентрациями в случае минимального, среднего и максимального расхода составляет 100, 250 и 500 м соответственно.

Таким образом, в устьевой области р. Кемь на определенной стадии прилива пятно примеси оказывается вытянутым вдоль берега в непосредственной близости от источника. Сильные приливо-отливные течения на разных стадиях прилива переносят пятно примеси по акватории, однако поскольку остаточная приливная циркуляция в данном районе незначительна, существенного итогового удаления пятна примеси от источника не происходит. Концентрация примеси в прибрежной зоне со временем увеличивается. Выявлено, что в устьевой об-

ласти р. Кемь определяющее влияние на перенос примеси оказывают сильные приливо-отливные течения, величина расхода реки играет второстепенную роль. В связи с тем, что в акватории остаточная приливная циркуляция слаба, со временем возможно накопление примеси в прибрежной зоне в непосредственной близости от источника.

Литература

- Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Белое море. Вып. 1. Гидрометеорологическое состояние. 1991. Л.: Гидрометеиздат. 350 с.
- Клеванный К.А. 1999. Моделирование длинноволновых процессов в геофизической гидродинамике // Дисс. ... доктора физ.-мат. наук по специальности океанология. СПб. 314 с.
- Dolotov Y., Filatov N., Nemova N., Shevchenko V., Rimskii-Korsakov N., Denisenko N., Kutcheva I., Platonov A., Demina L., Zdrovennov R., Kovalenko V. 2002. Studies of the water and suspended matter dynamics, anthropogenic pollution, and ecosystem living conditions in the estuaries (from the example of the Karelian coast of the White sea) // *Oceanology*. Vol. 42 (1). P. S135-S147.