

- Kazakov R.V., Titov S.F. 1991. Geographical patterns in the population genetics of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., on U.S.S.R. territory, as evidence for colonization routes // *Journal of Fish Biology* V. 39. P. 1–6.
- Makhrov A.A., Verspoor E., Artamonova V.S., O'Sullivan M. 2005. Atlantic salmon colonization of the Russian Arctic coast: pioneers from the North America // *Journal of Fish Biology* V. 67 (supplement A). P. 68–79.
- Parrish D.L., Behnke R.J., Gephard S.R., McCormick S.D., Reeves G.H. 1998. Why aren't there more Atlantic salmon (*Salmo salar*)? // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* V. 55 (supplement 1). P. 281–287.
- Rousset F. 1997. Genetic differentiation and estimation of gene flow from F-statistics under isolation by distance // *Genetics* V.145. P. 1219–1228.
- Säisä M., Koljonen M.-L., Gross R., Nilsson J., Tähtinen J., Koskiniemi J., Vasemägi A. 2005. Population genetic structure and postglacial colonization of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the Baltic Sea area based on microsatellite DNA variation // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* V. 62. P. 1887–1904.
- Slatkin M. 1993. Isolation by distance in equilibrium and non-equilibrium populations // *Evolution* V. 47. P. 264–279.
- Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I., Demidov I., Dowdeswell J.A., Funder S., Gataullin V., Henriksen M., Hjort C., Houmark-Nielsen M., Hubberten H.W., Ingolfsson O., Jakobsson M., Kjær K.H., Larsen E., Lokrantz H., Lunkka J.P., Lyså A., Mangerud J., Matiouchkov A., Murray A., Möller P., Niessen F., Nikolskaya O., Polyak L., Saarnisto M., Siegert C., Siegert M.J., Spielhagen R.F., Stein R. 2004. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia // *Quaternary Science Reviews* V. 23. P. 1229–1271.
- Tonteri A., Titov S., Veselov A., Zubchenko A., Koskinen M.T., Lesbarrères D., Kaluzhin S., Bakhmet I., Lumme J., Primmer C.R. 2005. Phylogeography of anadromous and non-anadromous Atlantic salmon (*Salmo salar*) from northern Europe // *Annales Zoologici Fennici* V. 42. P. 1–22.

GENETIC STRUCTURE OF ATLANTIC SALMON (*SALMO SALAR*) POPULATION OF THE WHITE SEA BASIN REVEALED WITH MICROSATELLITE MARKERS

A.K. Tonteri¹, A.Je. Veselov², A.V. Zubchenko³, J.I. Lumme⁴, S.M. Kalyuzhin⁵, M.Yu. Ozerov¹, C.R. Primmer¹

¹Department of Biology, Division of Genetics and Physiology, University of Turku, Finland

²Institute of Biology, Karelian research Centre, Petrozavodsk, Russia

³Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Murmansk, Russia

⁴Department of Biology, University of Oulu, Finland

⁵Varzuga Research Centre of Polar Ecosystems, Varzuga, Russia

e-mail: mikhail.ozarov@utu.fi

Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations spawning in the rivers of White sea basin are among the last European populations which are not majorly affected by human activities. Thus they form an important source of biodiversity for the entire European region in addition of being of immense economic and social importance to the local people. Here, microsatellite analysis of an extensive set of Atlantic salmon populations from the White and Barents Sea area was carried out in order to gain an insight into the population genetic structure based on nuclear markers. The populations were separated into four distinct clusters and individual assignment accuracy at the regional level (Atlantic and West Barents Sea; Kola Peninsula; Western White Sea; Eastern Barents Sea) was relatively high (87–96% success). These four groups can be considered as a good starting point for defining four distinct management units in the region, each of which may require differing management strategies as distinct patterns of genetic diversity and divergence characteristics were detected in different groups. Furthermore, the data obtained here can be used to differentiate individuals caught in offshore fisheries on a regional level with a relatively high degree of accuracy.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ МЕЗОТРОФНОГО ОЗЕРА (ОЗ. КРАСНОЕ, КАРЕЛЬСКИЙ ПЕРЕШЕЕК)

И.С.Трифонов, Е.С. Макарец, Е.Н.Чеботарев

Учреждение Российской академии наук Институт озерадения РАН,

г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: itrifonova@mail.ru

Оз. Красное (Карельский перешеек) – один из уникальных объектов многолетних наблюдений на Северо-Западе России. Регулярные наблюдения за экосистемой озера проводятся с 1963 г. (Многолетние..., 2008). Ход среднегодовых величин уровня озера за 1964–2008 годы показывает,

что в этот период наблюдался спад водности с 1964 по 1973 год (на 70 см) и затем систематический подъем до 1996 г. В 1997 г. уровень упал на 40 см, и был самым низким в 1999 и 2002 гг. Маловодная фаза 1998–2006 гг. была менее продолжительна и минимальный уровень 2002 г. был выше, чем в 1972 г. Данные 2007–2008 гг. подтверждают начало нового многоводного периода. В рассматриваемом периоде времени выделяются группы лет с повышенной и пониженной температурой воды. Многолетняя изменчивость температуры воздуха в бассейне озера подвержена близким к циклическим колебаниям (с периодом около 11 лет) на фоне общего понижения до конца 80-х гг. и увеличения с начала 90-х гг. до настоящего времени.

Анализ межгодовой динамики состава и количественных показателей планктонных сообществ позволил выявить увеличение продуктивности фитопланктона, связанное с изменением фосфорной нагрузки на озеро в конце 60-х – начале 70-х годов. Реальная фосфорная нагрузка на озеро превосходила критическую почти в два раза, а по содержанию общего фосфора и уровню развития фитопланктона озеро находилось на стадии перехода от мезотрофного к эвтрофному состоянию (Эвтрофирование ..., 1980). Увеличение трофического статуса озера совпало с пиком маловодной фазы начала 70-х гг. Обследование водосбора в 80-е гг. в период многоводной фазы выявило значительное усиление антропогенного влияния, связанное, прежде всего с интенсивным развитием сельского хозяйства и мелиорацией. Интенсивное эвтрофирование озера в результате увеличения биогенной нагрузки в 70–80-е годы вызвало рост биомассы и продукции фито-, бактерио- и зоопланктона в 2–3 раза по сравнению с 60-ми годами (Методические..., 1988). Наряду с увеличением биомассы и уровня продуктивности отмечались существенные изменения в структуре сообществ. В фитопланктоне в маловодные 70-е годы наблюдалось массовое развитие синезеленых водорослей и частое цветение воды, в многоводные 80-е преобладали диатомовые и динофлагелляты, увеличилась роль нанопланктонных водорослей весной, повысилось разнообразие. В зоопланктоне возросла роль крупных фильтраторов из рода *Daphnia*, почти в 5 раз увеличилась численность коловраток, что привело к увеличению в 2.5 раза общей численности зоопланктона, особенно в многоводные 80-е годы.

В начале 90-х содержание биогенных элементов и продуктивность фитопланктона были близки к данным 80-х и трофический статус озера не изменился. Подтвердилась, выявленная ранее, зависимость уровня развития фитопланктона от погодных условий. Наибольшие величины отмечались в теплые годы. По биомассе преобладали диатомовые водоросли, но в годы с низким уровнем воды в летний период отмечалось заметное развитие синезеленых. При этом, как и в предыдущий период наблюдений, в холодные годы по уровню продуктивности фитопланктона озеро проявляло себя как мезотрофное, а в наиболее теплые – как слабо-эвтрофное. В середине 90-х в связи с ослаблением антропогенного влияния на озеро из-за спада в сельском хозяйстве, наметилась тенденция снижения численности и биомассы планктонных сообществ и перестройка их структуры. В зоопланктоне уменьшилась роль коловраток и увеличилась численности веслоногих раков. Наметилось снижение численности и биомассы бактериопланктона. С 1998 г. после летнего паводка началось новое повышение содержания фосфора в озере, которое совпало с началом маловодной фазы водности. В маловодные 1999–2002 гг. отмечались максимальные за весь период наблюдений биомассы фитопланктона (до 7 г/м³ в среднем за сезон) и массовое развитие синезеленых водорослей. Однако, увеличения количественных показателей зоо- и бактериопланктона в этот период не наблюдалось.

После периода роста содержания общей и минеральной форм фосфора в воде озера, в настоящее время роста не наблюдается и отмечается даже некоторое снижение их концентраций. Одновременно отмечено снижение биомассы фитопланктона. Средняя за сезон биомасса фитопланктона составила в 2005–2007 гг. 3,5–5,2 г/м³. В целом, средние величины биомассы и содержания хлорофилла свидетельствуют о том, что трофический статус озера изменился слабо. По уровню продуктивности фитопланктона озеро можно считать по-прежнему мезотрофным и даже слабо-эвтрофным водоёмом.

Многолетние наблюдения за бактериопланктоном позволили обнаружить наличие существенных изменений в бактериальном сообществе, которые через процессы бактериальной продукции и деструкции влияли на формирование качества воды озера. В середине 60-х гг. общая численность бактериопланктона была низкой. Она значительно увеличилась в 70-х и к началу 80-х гг. средняя за вегетационный период величина составила 1.7–1.8 млн. кл./мл. Замедление темпов эвтрофирования в середине 90-х проявилось в некотором снижении численности бактерий. Известно, что сообщество микроорганизмов тесно связано с уровнем воды. В оз. Красном в многоводную фазу 80-х гг. численность бактерий возрастала особенно быстро. После 1996 г. в начале маловодной фазы, отмечена

стабилизация численности бактериопланктона. Численность гетеротрофных бактерий в озере на протяжении многих лет изменялись в сравнительно узких пределах, и, в отличие от бактериального сообщества в целом, не проявляла тенденцию к возрастанию. Скорее наоборот, доля гетеротрофных бактерий в бактериопланктоне в 90-е гг. и в 2001–2005 гг. была заметно ниже, чем в 60–80-е гг.

Межгодовые различия в сезонной динамике планктонных сообществ оз. Красного объясняются погодными условиями. В теплые годы отмечается больший по величине и продолжительности летний пик фитопланктона и преобладание в зоопланктоне теплолюбивого комплекса короткоцикловых ветвистоусых ракообразных и коловраток. Увеличивается напряженность трофических связей двух сообществ, часть первичной продукции недоиспользуется, что ведет к усилению процессов эвтрофирования. В более холодные годы в зоопланктоне доминируют веслоногие ракообразные и циклопы с более длительным жизненным циклом, что определяет сглаженный ход кривой численности и биомассы. При снижении продукции водорослей рацион фильтраторов составляет до 92% первичной продукции.

Изменения структуры и продуктивности планктонных сообществ под влиянием эвтрофирования приводят к изменениям характера взаимоотношений между ними. Соотношения биомасс зоо- и фитопланктона и роль зоопланктона в общей биомассе и продукции планктона были наименьшими при максимальном эвтрофировании. В этот период отмечалось также ослабление трофических связей внутри планктонного сообщества. При этом на процесс эвтрофирования накладывалось влияние климатических факторов (фаз водности и температурных условий), которые необходимо учитывать при оценке трофического состояния озер. Отношение биомассы зоо- и фитопланктона в разные периоды наблюдений колебалось от 0.33 до 0.62, отношение их продукции – от 0.06 до 0.11. В оз. Красном в среднем за сезон рацион зоопланктона составляет 70% продукции водорослей. По результатам МБП в озерах мира он колеблется от 22 до 119%, при среднем – 50% (Иванова, 1981). Снижение этих величин, отражающих роль животных в общей биомассе и продукции планктона, а также отношения рациона мирного зоопланктона к первичной продукции, соответствовало наиболее интенсивному эвтрофированию озера в 70–80-е годы, когда продукция водорослей недоиспользовалась. В период наибольшего эвтрофирования снижалась роль беспозвоночных в общей биомассе и продукции планктона, что связано как с увеличением биомассы фитопланктона, так и с преобладанием в зоопланктоне мелкой фракции. Тенденция к снижению проявляется и в интенсивности выедания водорослей, которое оценивается отношением рациона мирного зоопланктона к первичной продукции. В конце 90-х и начале 2000-х гг. с наступлением маловодной фазы отмечено увеличение биомассы фитопланктона, в то время как биомасса и продуктивность зоопланктона уменьшались. Сходное явление с начала 80-х годов прослеживается для планктона Рыбинского водохранилища (Лазарева и др., 2001). В этих условиях продукция водорослей снова недоиспользовалась, т.е. процессы самоочищения в озере замедлялись. Ослабление пресса зоопланктона и связей между двумя сообществами при эвтрофировании водоемов отмечено многими исследователями (Иванова, 1981; Макарецца, 1985; Макарецца, Трифонова, 1991; Андроникова, 1996; Трифонова, Макарецца, 2006 и др.). Однако, даже в период интенсивного эвтрофирования в оз. Красном соотношения биомассы и продукции фито- и зоопланктона представлены величинами, характерными для мезотрофных озер.

При анализе многолетней динамики хлорофилла в Рыбинском водохранилище выявлена цикличность, близкая к 11-летнему ритму климатических процессов, связанных с соответствующими колебаниями солнечной активности (Пырина, 2000). С этими циклами фактически совпадает многолетняя изменчивость фитопланктона в оз. Красном, где максимальные биомассы отмечены приблизительно в те же годы, что и в Рыбинском водохранилище. Однако, на эти циклические изменения накладывается увеличение продуктивности фитопланктона, связанное с эвтрофированием озера. Кроме того, по многолетним данным выявляются краткосрочные циклы сообществ фито- и зоопланктона, изменяющихся в противофазе (Трифопова, Макарецца, 2006).

Литература

- Андроникова И.Н., 1996. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем / СПб.: Наука. 160 с.
- Иванова М.Б., 1981. Соотношение трофических уровней в планктоне пресных вод // Журнал общей биологии. Т. 42. № 2. С. 199–209.
- Лазарева В.И., Лебедева И.М., Овчинникова Н.К., 2001. Изменения в сообществе зоопланктона Рыбинского водохранилища за 40 лет // Биол. внутр. вод. № 4. С. 46–58.

Макарцева Е.С., 1985. Роль зоопланктона в трансформации органического вещества в разнотипных озерах. Автореф. дис... канд. биол. наук. СПб.: ГОСНИОРХ. 25 с.

Макарцева Е.С., Трифонова И.С., 1991. Особенности сезонного функционирования сообществ фито- и зоопланктона в озерах различной трофности // Антропогенные изменения малых озер (причины, последствия, возможность управления). СПб.: Гидрометеиздат, С. 300–303. Методические аспекты лимнологического мониторинга. 1988./ Ред. И.С.Трифорова. Л.: Наука. 178 с.

Многолетние изменения биологических сообществ мезотрофного озера в условиях климатических флуктуаций и эвтрофирования. 2008./ Ред. И.С.Трифорова. СПб.: Лема. 246 с. Пырина И.Л., 2000. Многолетние исследования содержания пигментов фитопланктона Рыбинского водохранилища // Биол. внутр. вод. № 1. С. 38–44.

Трифорова И.С., Макарцева Е.С., 2006. Сезонная и многолетняя динамика фито- и зоопланктона и их взаимоотношения в мезотрофном озере // Биол. внутр. вод. № 3. С. 18–25.

Эвтрофирование мезотрофного озера. 1980./ Ред. И.Н.Андроникова. Л.: Наука. 185 с.

LONG-TERM CHANGES OF PLANKTONIC COMMUNITIES IN A MEZOTROPHIC LAKE (LAKE KRASNOE, KARELIAN ISTHMUS)

I.S.Trifonova, E.S.Makartseva, E.N.Tchebotaryov.
Institute of Limnology RAS, St.-Petersburg, Russia

According to the long-term researches (1964–2008) changes have been traced in structure and productivity of planktonic communities (phyto-, zoo-, bakterioplankton) in mezotrophic Lake Krasnoe (Karelian isthmus). Influence of eutrophication and hydrological factors, first of all changes in water level and temperature caused by climatic fluctuations on long-term dynamics of biological communities and populations number of dominant species have been analysed. Trophic relationship between planktonic communities in seasonal and long-term aspects have been considered for different periods of the lake evolution.

СОСТОЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА ПРЕСНОВОДНОГО ЛОСОСЯ В НЕКОТОРЫХ ПРИТОКАХ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА.

И.А. Тыркин, И.Л. Щуров, В.А. Широков

Северный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (СевНИИРХ), Петрозаводского государственного университета, г. Петрозаводск, Россия
e-mail: shurov@research.karelia.ru

Введение

Как известно, пресноводный лосось ранее был важным объектом рыболовства в Онежском озере. В 19 веке лосось заходил на нерест не менее чем в 22 притока Онежского озера (Пушкарёв, 1900), но к концу 19 века лосось исчез в реках Шокша, Тамбица, Аржема, Возрица, Нелюкса, Ис-сельга и Филиппа; а к концу 20 века перестали быть лососевыми и реки Суна, Лососинка, Уница, Туба (Смирнов, 1971).

Река Шуя на протяжении существования лососевого промысла являлась основным нерестовым притоком, на ее долю приходилось 75% уловов лосося по озеру.

В связи с катастрофическим падением численности стада лосося его промысел был прекращен в 1993 году, в 1994 году на реке Шуя было установлено рыбоучетное заграждение и начались работы по искусственному воспроизводству шуйского лосося.

Материалы и методы

Реки обследовались путем сплава на лодках и пешими маршрутами. Во время обследования особое внимание уделялось детальной оценке состояния нерестово-выростных угодий лосося и их площади. Для этого отмечался характер реки (глубина, скорость течения, состав донного грунта, ширина и протяженность порогов и перекатов). На всех участках реки, по своим параметрам потенциально пригодных для нереста лосося и обитания молоди лосося, проводили облов электроловом по стандартной методике. Плотность заселения реки молодью оценивали по результатам электроло-