

МНОГОЛЕТНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЯПУШКИ *COREGONUS ALBULA* В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ СЯМОЗЕРА

О.П. Стерлигова, Н.В. Ильмаст

Институт биологии Карельского научного центр РАН, ilmast@karelia.ru

На основе многолетних исследований (более 80 лет) проанализированы изменения, происходящие в экосистеме Сямозера, и показано как они отразились на динамике популяции ряпушки *Coregonus albula*, основной промысловой рыбы (до 70% общего улова). Столь длительные наблюдения за озером, проводились и проводятся лишь на немногих водоемах Карелии и России в целом, и только они позволяют уловить сдвиги в состоянии водных экосистем.

Сямозеро находится в бас. Балтийского моря и по классификации П.В. Иванова (1948) относится к среднему типу. Площадь озера - 266 км², максимальная глубина - 24.5 м, средняя - 6.0 м (Озера Карелии, 2013). По генезису озерной котловины водоем принадлежит к тектонико-ледниковому типу, по термическому режиму - к умеренному (Литинский, 1959). По цветности воды Сямозера (41 град.) ближе к мезогумозному классу, по содержанию фосфора – к мезотрофному типу (Китаев, 2007).

Относительная стабильность в экосистеме Сямозера наблюдалась с 1932 по 1970 гг. Начиная с 1971 г. в связи с увеличением антропогенного воздействия, водоем претерпел значительные изменения в гидрологическом, гидрохимическом, гидробиологическом режимах. Существенно увеличился приток биогенов, вызванный интенсификацией сельскохозяйственных работ, осушением болот и заболоченных лесов на водосборе, рубкой лесов и рекреацией (использованием береговой зоны под базы отдыха и садоводческие кооперативы). Значительный приток биогенов привел к интенсивному «цветению воды» в озере, уменьшению прозрачности, дефициту кислорода и т.д. (табл. 1).

Таблица 1 - Лимнологические показатели Сязозера

(1 – Фрейндлинг и др., 1977; 2 – Современное состояние водных..., 1998; Стерлигова и др., 2002; 3 - 2010–2015 гг. – наши данные)

Показатель	1954 г. ¹	1974 г. ¹	1990-2000 гг. ²	2010-2015 гг. ³
Координаты	61°55' с.ш., 33°11' в.д.			
Площадь озера, км ²	266	256	256	256
Наибольшая длина, км	24,6			
Наибольшая ширина, км.	15,1			
Максимальная глубина, м	24,5	24,0	24,00	24,0
Средняя глубина, м	6,7	6,0	6,0	6,0
Прозрачность, м	2,6-4,6	0,7-3,0	0,5-3,5	0,9-3,8
Цветность, мг Pt/л	32	30	41	37
pH	6,2-7,4	6,0-7,0	6,4 -7,3	6,2-7,3
Содержание O ₂ мг/л Поверхность / дно	9,7 /6,3	8,4 /4,0	8,5 /4,0	8,8 /5,1
Свободный CO ₂ , мг/л Поверхность / дно	1,3 /4,4	1,5 /8,5	1,4 /7,0	1,2 /5,8
Суммарный азот, мг/л	0,07-0,28	0,40-0,86,	0,2-0,72	0,1- 0,5
Минеральный фосфор, мг/л	Следы	0,004	0,02, в зал. - 0,14	0,01, в зал. 0,08
Биомасса фитопланктона, г/м ³	-	2,8	3,8	2,5
Биомасса зоопланктона, г/м ³	0,4	1,7-2,4	1,6-2,2	1,6-2,1
Биомасса бентоса, г/м ²	2,1	1,9-3,8	1,2-4,0	1,4– 4,0
Общий вылов рыбы, кг/га	4,2	7,5	5,2	5,5

На этом фоне наблюдалось увеличение продукции от первого звена трофической цепи до рыб. Биомасса фитопланктона в 1970 гг. составляла 2,8 мг/л, в 1990 гг. - 4,0 мг/л; зоопланктона в 1950 гг. - 0,4 г/м³, в 1990 гг. – 2,1 г/м³; и бентоса соответственно - 1,9-4,0 г/м². В составе зоопланктона появились коловратки, характерные для водоемов прудового типа, а в структуре зоопланктона происходит замена длинноцикловых и крупных форм на мелкие и короткоцикловые.

Изменения в экосистеме озера отразились на состоянии рыбного населения, которое представлено 19 видами: лосось, ряпушка, сиг, щука, язь, синец, густера, елец, лещ, плотва, усатый голец, налим, ерш, окунь, судак, уклейка, подкаменщик, щиповка и корюшка (случайно попавшая в водоем в 1968 г.). Наиболее массовыми и многочисленными за прошедшие десятилетия были следующие рыбы:

1940 гг.	1950 гг.	1960 гг.	1970-1990 гг.	2000-2004 гг.	2010-2015 гг.
Ряпушка	Ряпушка	Ряпушка	Корюшка	Окунь	Ряпушка
Судак	Судак	Окунь	Окунь	Корюшка	Окунь
Окунь	Окунь	Судак	Судак	Судак	Судак
Ерш	Ерш	Ерш	Ерш	Лещ	Лещ
Лещ	Лещ	Плотва	Плотва	Плотва	Плотва

Эвтрофирование и случайного проникновения в водоем корюшки, повлияло отрицательно на динамику популяции ряпушки Сямозера. Одна из причин неудовлетворительного состояния ряпушки, вызвана ухудшением условий нереста - заиление нерестилищ, вследствие длительной инкубации икры (6-7 месяцев). Слой осадконакопления достигал 11 мм ежегодно. Другая причина заключается в повышенной смертности ряпушки на ранних стадиях развития (в выедание ее икры беспозвоночными и ершом). Так, один ручейник в зависимости от густоты засева икры сиговых на нерестилищах способен потреблять от 1 до 13 икринок, ёрш — от 1 до 16 икринок в сутки.

Значительный ущерб популяции сиговым рыбам причинило случайное проникновение в 1968 г. в водоем корюшки. Многие исследователи показали, что новые виды, вступая в контакты с аборигенными видами, значительно преобразуют структуру биоценозов, и их появление имеет экологические и экономические последствия (Решетников и др., 1982; Николаев, 1985; Решетников, Шатуновский, 1997; Дгебуадзе, 2002, 2003; Алимов и др., 2004, 2013; Стерлигова и др., 2002; Дгебуадзе, Павлов, 2007; Шакирова, 2007). Корюшка практически вытеснила из водоема ряпушку путем выедания ее личинок (в одном желудке обнаружено 40 личинок ряпушки и 20 личинок сига).

Ряпушка Сямозера относится к короткоцикловым рыбам (табл. 2). Ее популяция состоит из девяти возрастных групп от 0 до 8+, с преобладанием рыб до 4 лет.

Таблица 2 - **Возрастной состав ряпушки Сямозера**

Годы	Возраст рыб									Число рыб
	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	
1954-1962*	–	39,5	45,8	13,5	1,0	0,2	–	–	–	3336
1969-1972**	–	30,7	13,2	53,1	2,0	1,0	–	–	–	1200
1973-1975	–	4,1	8,1	9,6	15,7	50,0	10,5	1,8	0,2	200
1976-1985	–	56,5	19,7	13,2	3,7	1,1	3,3	2,4	0,1	400
2003	4,2	62,5	14,2	18,3	0,8	–	–	–	–	320
2004	–	43,0	33,4	13,6	10,0	–	–	–	–	550
2005-2010	-	44,0	40,0	12,0	4,0					820
2011-2015	1,0	53,0	26,0	18,0	2,0					870

Примечание: * - Вебер, 1962; ** - наши данные

Соотношение возрастных групп в нерестовой популяции изменяется по годам в зависимости от урожайности поколений. Как видно из данных таблицы 1 основу уловов с 1954 по 1962 гг. составляла ряпушка в возрасте 1+-2+ (85%), с 1969 по 1972 г.г. доминировали рыбы 3+ (53%), с 1973 по 1975 гг. -4+-6+ (76%),

и в настоящее время -1+- 3+.

Анализ полученных данных показал, что, при падении численности ряпушки в озере наблюдается увеличение ее среднего размера и массы (рис. 1). Более мелких размеров она была в 1940-1950 гг. (Вебер, 1962) и 1970 гг., а более крупных в 2000 гг. (Стерлигова и др. 2002, 2014). Рост ряпушки сильно влияет и на ее плодовитость, чем он выше, тем больше и плодовитость (табл. 3).

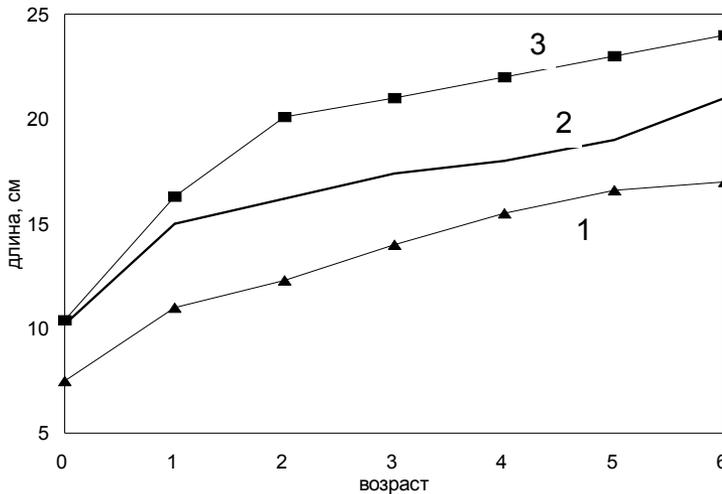


Рисунок 1 - **Линейный рост ряпушки Сязозера**
(1—1950 гг., Вебер, 1962; 2—1970 гг.; 3—1990 гг. наши данные)

Основным кормом ряпушки является зоопланктон. Лишь в короткие периоды вылета насекомых она переходит на питание ими, в это время воздушные насекомые составляют до 99% от веса всего пищевого комка. В течение всего вегетационного периода ряпушка наиболее активно питается при сравнительно низкой температуре воды 16-17 °С. С прогревом же поверхностного слоя воды до 22 °С отмечалось снижение потребления корма. В это время рыбы имели минимальные индексы наполнения желудков и держались на глубине.

Многолетние исследования питания хищных рыб Сязозера, выявили значительные изменения. До 1970 гг. хищные рыбы питались ряпушкой, затем с уменьшением ее численности перешли на потребление корюшки, жертву, доступную по размерам на протяжении всего года (рис. 2). Работами ряда авторов показано, что при уменьшении численности основного кормового объекта хищники легко переключаются на другой более доступный корм и собственную молодь (Балагурова, 1963; Попова 1982).

Таблица 3 - Плодовитость ряпушки Сязозера в разные годы

(* - Вебер, 1962; ** - -- наши данные)

Возраст	Плодовитость		Средние		Кол-во
	АП	ОП	Длина ас, см	масса, г	экз.
1954 г.*					
1+	2520	130	12,3	19,0	10
2+	3280	127	13,5	26,0	10
3+	4090	123	14,7	33,5	8
1973-1975 гг. **					
4+	13000	150	19,0	87,5	60
5+	16100	140	20,0	110,0	130
6+	17000	144	21,0	121,0	30
7+	20000	142	22,6	127,0	3
1989-1997 гг.					
1+	6100	170	15,2	35,0	121
2+	8000	140	17,0	50,0	500
3+	12000	130	19,0	80,0	300
2003- 2004 гг.					
1+	7600	145	16,8	50,0	120
2+	9400	142	18,2	70,0	80
3+	11000	118	19,5	90,0	24
2013 – 2015 гг.					
1+	6000	158	15,0	38,0	110
2+	8100	147	17,0	55,0	75
3+	13000	144	18,7	90,0	35

Выедание молоди на ранних стадиях развития и низкий уровень воспроизводства ряпушки не позволили ей увеличить свою численность. На протяжении почти 25 лет (1973-2003 гг.) ряпушка в уловах практически не отмечалась. Вновь в водоеме она стала единично встречаться с 2002 по 2005 гг., в промысловых уловах - с 2009 г. Ее вылов в 2015 г. составил 70 т. Увеличение численности, следовательно, и вылова ряпушки произошло на фоне резкого снижения численности и вылова корюшки с 30 т (2004) до 0,5 т (2012). В уловах 2013-2014 г.г. корюшка отмечалась крайне редко, в 2015 г. и вовсе отсутствовала (рис. 2).

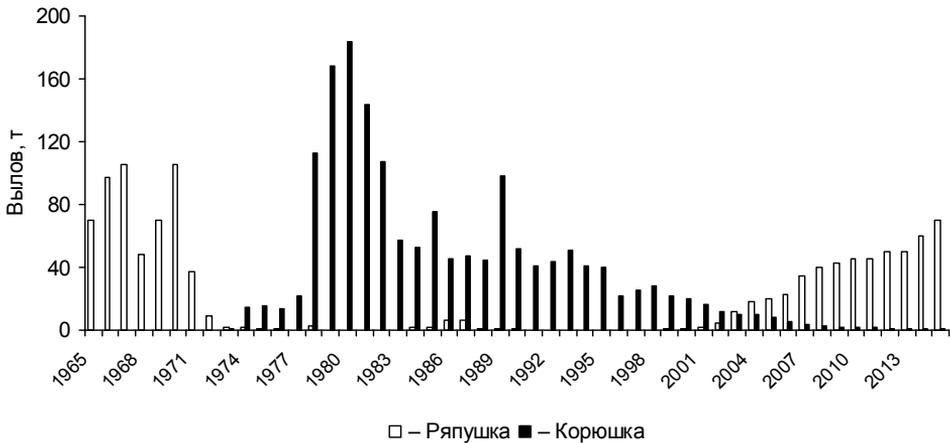


Рисунок 2 - Динамика промысловых уловов ряпушки и корюшки Сямозера

В питании хищных рыб, начиная с 2010 г. и по настоящее время вновь доминирует ряпушка (рис. 3), которая увеличивает свою численность в связи с прекращением на водосборе мелиоративных, сельскохозяйственных работ. Это привело к уменьшению поступления биогенов в озеро, снижению заиления нерестилищ сиговых рыб и улучшению условий их нереста. Водоем возвращается в свое исходное состояние. Большую роль сыграло и значительное снижение численности, а в последние два года практически, исчезновение из водоема корюшки (основного потребителя икры и молоди сиговых рыб). Ряпушка, с более коротким жизненным циклом и ранним созреванием (на 1-2 году жизни), быстрее начала восстанавливать утраченную численность. Популяция сига с более длинным жизненным циклом и поздним созреванием (на 4-5 году жизни) все еще находится в угнетенном состоянии.

Таким образом, только длительные наблюдения за экосистемой Сямозера позволили выявить причины колебания численности и уловов ряпушки, провести сравнительный анализ биологических показателей, в изменяющихся условиях Сямозера, определить ее роль в трофической цепи, пронаблюдать и исследовать процесс ее становления в водоеме. В водоеме поток веществ и энергии по трофическим цепям идет, как и раньше через зоопланктон. Основная часть рыбопродукции с 1935 по 1970 гг. приходилась на ряпушку, начиная с 1971 г. и по 2000 г. - на корюшку, что привело к значительному хозяйственному ущербу. В настоящее время произошла замена корюшки снова на ряпушку. Дальнейшие мониторинговые исследования на водоеме покажут, что будет происходить с популяциями этих двух видов рыб в озерной экосистеме.

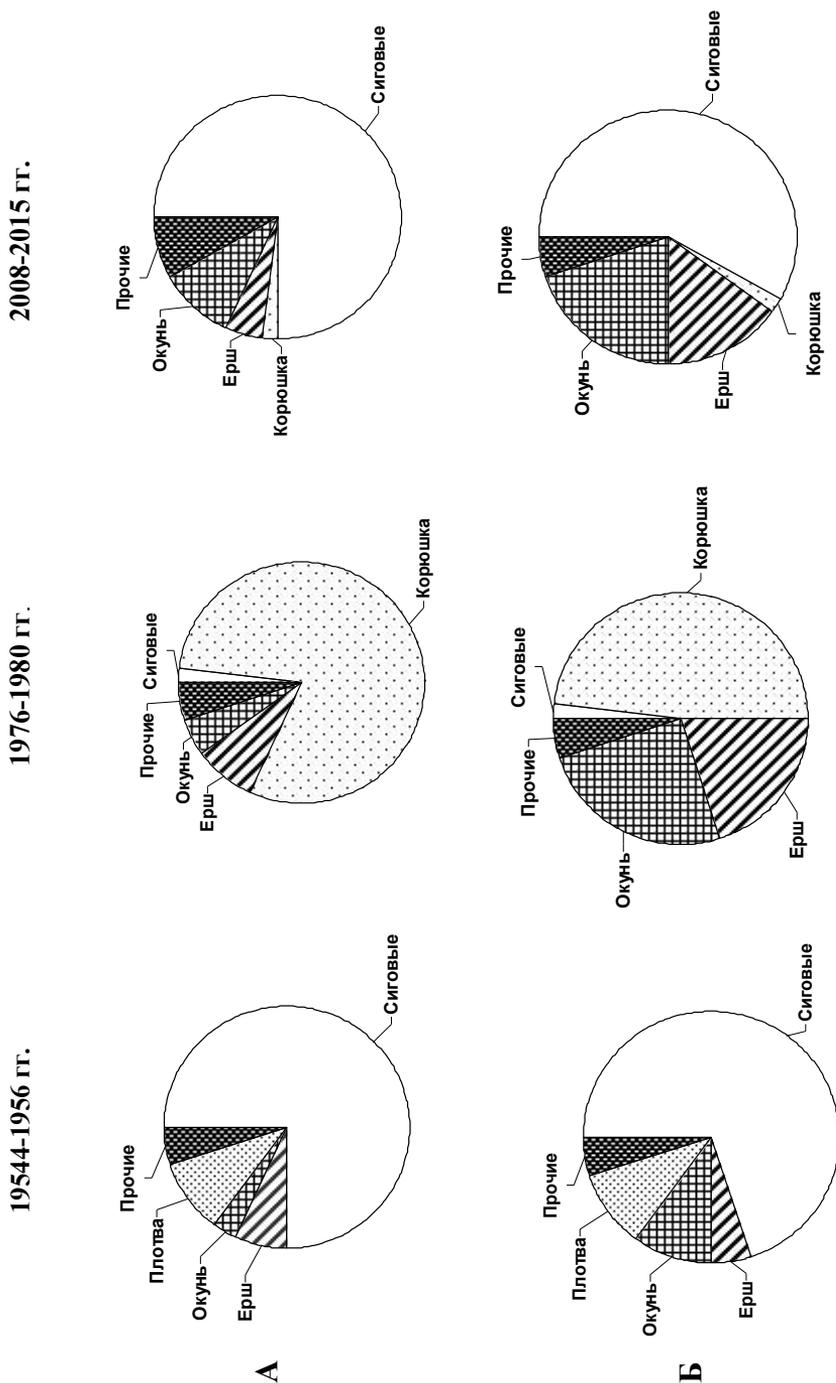


Рисунок 3 - Спектр питания судака, окуня, налима (А) и щуки (Б) в Сямозере 1950-е гг. – Балагурова, 1963; 1980-е гг. Попова, 1982; 2010-2015 гг. – наши данные

Литература

Алимов А.Ф., Богуцкая Н.Г., Орлова М.И. и др. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2004. 436 с.

Алимов А.Ф., Богатов В.В., Голубков С.М. Продукционная гидробиология. СПб: Наука. 2013. 343 с.

Балагурова М.В. Биологические основы организации рационального рыбного хозяйства на сязозерской группе озёр Карельской АССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР. 1963. 88 с.

Вебер Д.Г. Некоторые данные о размножении ряпушки Сязозера //Материалы по ихтиологии и гидробиологии водоёмов Карелии. Петрозаводск: Карел. фил. АН СССР. 1962. С. 7-16.

Дгебуадзе Ю.Ю. Проблемы инвазий чужеродных организмов // Экологическая безопасность и инвазии чужеродных организмов. Сб. мат-лов круг. стола. М. 2002. С.11-14.

Дгебуадзе Ю.Ю. Национальная стратегия, состояние, тенденции, исследования, управление и приоритеты в отношении инвазий чужеродных видов на территории России // II межд. сим. Инвазии чужеродных видов в Голарктике. Борок. 2003. С. 26-34.

Дгебуадзе Ю.Ю., Павлов Д.С. Вчера, сегодня и завтра инвазийных чужеродных видов в Российской Федерации // Сб. науч. тр. ФГНУ «ГосНИОРХ». Вып. 337. СПб; М.: Тов-во. науч. изд. КМК. 2007. С. 71-82.

Иванов П.В. Классификация озёр по величине и по их средней глубине // Бюл. ЛГУ № 21. 1948. С. 29-36.

Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2007. 395 с.

Литинский Ю.Б. Геоморфология Сязозера // Тр. Сязозерской комплексной экспедиции. Петрозаводск. Т.1. 1959. С. 74–95.

Николаев И.И. Некоторые аспекты экологии стихийного расселения гидробионтов // Тр. ГосНИОРХ. Вып. 323. 1985. С. 81-89.

Озера Карелии (справочник). Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2013. 464 с.

Попова О.А. Питание хищных рыб Сязозера после вселения корюшки //Изменение структуры рыбного населения эвтрофируемого водоёма. М.: Наука. 1982. С. 106-145.

Решетников Ю.С., Шатуновский М.И. Теоретические основы и практические аспекты мониторинга пресноводных экосистем // Мониторинг биоразнообразия. М.: ИПЭЭ РАН. 1997. С. 26-33.

Решетников Ю.С., Попова О.А., Стерлигова О.П. и др. Изменение структуры рыбного населения эвтрофируемого водоёма. М.: Наука. 1982. С. 106-145.

Современное состояние водных объектов Республики Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 1998. 188 с.

Стерлигова О.П., Павлов В.Н., Ильмаст Н.В. и др. Экосистема Сязозера (биологический режим, использование). Петрозаводск. КарНЦ РАН. 2002. 120с.

Стерлигова О.П., Ильмаст Н.В., Первозванский В.Я. Рыбное население особо

охраняемых природных территорий Республики Карелия // *Вопр. ихтиологии*. 2014. Т54. №6. С. 717-725.

Фрейндинг В.А., Васильева Е.П., Литинская К.Д. Гидрологический и гидрохимический режим Сямозера // *Сямозеро и перспективы его рыбохозяйственного использования*. Петрозаводск. 1977. С.5-42.

Шакирова Ф.М. Современное состояние чужеродных видов рыб Куйбышевского водохранилища // *Сб. науч. трудов ФГНУ «ГосНИОРХ»*. Вып. 337. СПб; М.: Тов-во. науч. изд. КМК. 2007. С. 157- 170.

ABSTRACT. The results of long-term research of ecosystem state of Lake Syamozero presented. It was shown that changes in the ecosystem affect the population dynamics of vendace *Coregonus albula* (the main commercial fish). Materials on its catch, age composition, linearly-weight growth, feeding and fecundity analyzed. Causes of fluctuations in its ability and yield in the lake studied in detail.