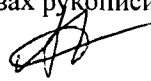


На правах рукописи

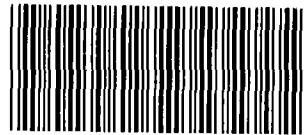


КУРИЦЫН
Антон Евгеньевич

**МОРФО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИГА –
COREGONUS LAVARETUS (LINNAEUS, 1758) ОЗЕРНО-
РЕЧНЫХ СИСТЕМ СРЕДНЕЙ КАРЕЛИИ**

03.02.06 – ихтиология

Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата
биологических наук



4847111

19 МАЙ 2011

Петрозаводск – 2011

Работа выполнена на кафедре зоологии и экологии эколого-биологического факультета Петрозаводского государственного университета

Научный руководитель	доктор биологических наук, профессор Рыжков Леонид Павлович
Официальные оппоненты	доктор биологических наук, профессор Кудерский Леонид Алесксандрович кандидат биологических наук Петрова Людмила Павловна
Ведущая организация	ГОУ ВПО «Вологодский государственный педагогический Университет»

Защита состоится «25» мая 2011 г. в 14 часов на заседании Диссертационного совета Д 212.190.01 при Петрозаводском государственном университете по адресу: 185910 Республика Карелия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33, эколого-биологический факультет, факс – 8(8142)769810.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Петрозаводского государственного университета. Автореферат размещен на сайте <http://petsu.ru>

Автореферат разослан «25» апреля 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



И.М. Дзюбук

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Одной из актуальных проблем рыбохозяйственной отрасли на Европейском Севере является сохранение качества водной среды и ее биоресурсов в условиях развивающейся хозяйственной деятельности. Как известно сиговые одними из первых реагируют на изменения в ихтиоценозах водоемов и могут служить индикаторами их состояния (Моисеенко, 1984, 1987; Кашулин, Лукин, 1992; Болотова, Зуянова, 1994; Решетников, 1994). О неблагоприятии многих водоемов Карелии можно судить по динамике вылова сигов. Если в первой половине XX века их уловы в водоемах Карелии достигали 500 тонн, то к середине 1950-х годов они сократилась до 200 тонн (Озера Карелии, 1959). В настоящее время учетный вылов сигов колеблется около 70 тонн. По данным Минсельхоза РК (2010) учетный вылов сиговых за последние 10 лет уменьшился в 1,5 раза. Одновременно изменяется качественный состав ихтиофауны, ценные в хозяйственном отношении виды рыб (лосось, сиги) заменяются малоценными (окунь, ерш, плотва). Аналогичные изменения наблюдаются в большинстве водоемов Республики.

Поэтому сохранение промысловых запасов сиговых и разработка экологически обоснованных прогнозов их рационального использования в настоящее время становятся приоритетной задачей рыбохозяйственной отрасли. Для ее решения необходимо иметь знания о морфологических и экологических особенностях сигов обитающих в водоемах, подвергающихся различному уровню антропогенного воздействия. Сравнительный анализ морфо-экологических характеристик сигов из различных водоемов при наличии современных компьютерных технологий математического анализа также открывает широкое поле деятельности в области экологического прогнозирования, разработки и осуществления конкретных мероприятий по сохранению биоресурсов сиговых. При этом появится возможность разработать и осуществить программы, обеспечивающие устойчивое развитие геологически молодых водных экосистем северных водоемов в условиях усиливающегося хозяйственного освоения Европейского Севера.

В этом отношении особый интерес представляют водоемы средней Карелии Сегозеро и Линдозеро, превращенные в водохранилища, река Сегежа с зарегулированным истоком, Елмозеро и река Елма с сохранившимися природными условиями.

Необходимость данного исследования также обусловлена тем, что изучению сиговых в водоемах средней Карелии в последние годы уделялось мало внимания (Верещагин, 1923; Паллон, 1925; Романов, 1933; Смирнов, 1953; Александров с соавторами, 1959; Александров с соавторами, 1959а; Александров с соавторами, 1959б; Гордеева-Перцева с соавторами, 1959;

Китаев, Первозванский, 2000; Савосин, 2008, 2009; Савосин, Стерлигова, Ильмаст, 2010).

Цель исследования – изучить морфо-экологические особенности сигов средней Карелии и выявить динамику их основных параметров в различных водоемах.

Задачи исследования:

- изучить состояние экосистем исследованных сиговых водоемов;
- провести сравнительный анализ материалов по систематическому положению, структуре популяций и экологических форм сигов из различных водоемов средней Карелии;
- выявить морфологические особенности различных экологических форм, в том числе пластические признаки одновозрастных групп.
- дать эколого-биологическую характеристику сигов из озер Сегозеро, Елмозеро, Линдозеро, рек Сегежа и Елма;
- определить особенности линейно-весового роста и морфометрических показателей сигов из водоемов средней Карелии.

Научная новизна. Впервые проведено комплексное исследование морфологических и биологических особенностей сигов озерно-речных систем Средней Карелии. Получена морфо-экологическая характеристика ранее не исследованных сигов рек Елма и Сегежа, а также озера Линдозеро. Впервые, в указанных водоемах, выявлены малотычинковые сиви с числом жабрных тычинок от 23 до 34, описана структура популяций, особенности ростовых изменений. Проведен сравнительный анализ популяционных показателей (линейно-весовой рост, возрастная структура, время полового созревания и нереста) сигов озерно-речных систем средней Карелии (озера Елмозеро, Сегозеро, Линдозеро, реки Сегежа и Елма). Показано современное состояние исследованных сиговых водоемов при различном уровне антропогенного воздействия.

Практическое значение. Результаты работы используются для экологического мониторинга и прогнозирования возможных изменений в водных экосистемах при естественных изменениях и антропогенных воздействиях. Результаты и выводы исследований учитываются при оценке состояния рыбных запасов и при составлении комплексных региональных программ по рациональному использованию и охране рыбных ресурсов Карелии (Министерство сельского, рыбного и охотничьего хозяйства РК, Министерство экономического развития РК и ФГУ «Карелрыбвод»).

Апробация работы. Материалы диссертации обсуждались: на заседаниях кафедры экологии и зоологии, лаборатории «Экологические проблемы Севера» Петрозаводского государственного университета. Основные положения диссертации докладывались на конференциях: Республиканской конференции молодых исследователей окружающей среды (Петроза-

водск, 2001), Всероссийской конференции юных исследователей окружающей среды (Москва, 2002), на Всероссийском конкурсе научных студенческих работ «Биотехнология – охране окружающей среды», посвященной 200-летию московского общества испытателей природы (Москва, 2005), на семинарах ««Современные технологии устойчивой аквакультуры» (Санкт-Петербург, 2011), конференции «Современные проблемы водной токсикологии» к 100-летию со дня рождения Е.А.Веселова (Петрозаводск, 2011).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 научных работ, из них 1 в изданиях, рекомендуемых ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы и приложений. Общий объем работы – 140 страниц, 23 таблицы и 24 рисунка. Библиографический список включает 216 источников, в том числе 35 иностранных.

Благодарности. Автор выражает особую признательность научному руководителю д.б.н., профессору Рыжкову Леониду Павловичу за руководство и поддержку. Выражаю благодарность д.б.н., Коросову А. В., за ценные советы и помощь в применении математических методов обработки материалов и анализа результатов.

Признателен д.б.н. Шустову Ю. А., к.б.н. Н. В. Ильмаст, к.б.н. Дзюбук И. М., Кореневу О. Н. за разностороннюю помощь и советы при написании диссертации. За помощь и организацию экспедиционных выездов выражаю благодарность Курищину Е. А.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение

Показана актуальность выполненного исследования, поставлена цель работы и намечены основные задачи для ее достижения.

ГЛАВА 1. Обзор литературы

Рассмотрены история изучения сигов на территории Карелии и в районе исследования, систематическое положение, условия обитания, питание и рост. Описано геологическое формирование территории в послеледниковый период и возможные пути происхождения и расселения сигов на территории средней Карелии.

ГЛАВА 2. Материал и методы исследований

Основой для диссертационной работы послужили собственные ихтиологические материалы, собранные во время проведения научных исследо-

ваний в 2001-2009 годах на озерах – Елмозеро, Сегозеро, Линдозеро и реках – Елма и Сегежа, относящихся к бассейну Белого моря.

Для сбора ихтиологического материала использовались наборы ставных жилаковых сетей с ячейей от 20 до 70 мм, длиной до 30 метров, высотой от 1,5 до 6 метров. Материал собирался в летне-осенний период не менее 2-х лет на каждом водоеме. Сети устанавливались в прибрежных, русловых зонах и в озеровидных расширениях рек. В Сегозере, Линдозере и Елмозере облавливались как прибрежные отмели, так и глубинные участки. Сети осматривались ежедневно в одно и то же время суток. На месте отбора проб проводилось предварительное обследование выловленных рыб (общие промеры и отбор чешуи на возраст). Дальнейшая обработка материала выполнялась в полевой лаборатории. Для сравнения полученного материала использованы литературные данные.

Общий объем собранного и обработанного материала за весь период исследования составил 241 экземпляр разновозрастного сига (таблица 1).

Таблица 1 – Объем собранного и обработанного материала

Водоем	Сегозеро	Елмозеро	Линдозеро	Елма	Сегежа
Объем выборки, экз.	90	39	37	50	25

Обработка ихтиологического материала проводилась по методикам И.Ф. Правдина (1954, 1966) и Н.И. Чугуновой (1959) с учетом рекомендаций Ю.С. Решетникова (1980). Морфометрические показатели сигов определены одним оператором на свежем материале при помощи штангенциркуля с точностью до 0,1 мм. У всех выловленных рыб просчитывалось число жаберных тычинок и чешуй в боковой линии. Возраст рыб определялся по чешуе на микрофотометре.

При анализе структуры вида и систематического статуса отдельных форм сига автор придерживался точки зрения Ю.С. Решетникова (1980, 2010). При математико-статистической обработке результатов применялся описательный анализ, методы сравнения двух независимых выборок, компонентный анализ и имитационное моделирование ростовых процессов. Оценка достоверности различий между средними арифметическими осуществлялась по критерию Стьюдента (t-тест) для значимости $\alpha=0,05$. Все математические операции, графические построения и статистическая обработка данных выполнены с использованием стандартных программных пакетов Word, Excel и его макросов поиск решения и PriCom. (Урбах, 1964; Лакин, 1990; Ивантер, Коросов, 2004; Зворыгин, 2006; Коросов, 2007).

ГЛАВА 3. Характеристика экосистем исследованных водоемов как среды обитания сига

В гидрографическом отношении Сегозерско-Выгозерский водный бассейн является водосбором двух наиболее крупных левых притоков системы Выгозеро – Нижний Выг (Беломоро-Балтийский канал) – рек Онда и Сегежа и примыкает с севера к Беломорско-Балтийскому водоразделу. Исследованные водные объекты представлены:

- озерами – Елмозеро (бассейн реки Онды), Сегозеро и Линдозеро (бассейн реки Сегежа). Сегозеро имеет зарегулированный режим, а Линдозеро фактически является предустьевым расширением реки Сегежа переходящим в залив Выгозерского водохранилища.

- реками – Сегежа, вытекающая из Сегозера, которая протекая через Линдозеро, впадает в Выгозерское водохранилище и Елма, впадающая в Ондозерское водохранилище (бассейн реки Онда)

При характеристике исследованных водоемов, наряду с собственными данными, использовались научные отчеты (1947, 2000, 2003, 2005) и литературные источники (Справочник «Озера Карелии», 1959; Ресурсы поверхностных вод..., 1972; Инвентаризация и изучение..., 2000 и др.).

Анализ результатов выполненного исследования показал, что исследованные водоемы, являющиеся средой обитания сига, можно характеризовать следующим образом:

1. В озере Елмозеро качество водной среды, состояние растительности, зоопланктона, бентоса и ихтиофауны за последние 50 лет сохраняются на стабильном уровне. Очень слабое антропогенное воздействие не способствует изменению трофического статуса (олиготрофного) этого водоема.

2. В Сегозере, при преобразовании его в водохранилище, произошли изменения, как в гидролого-гидрохимическом, так и в биологическом статусе. Существенно сократились объемы вылова рыбы, в первую очередь лососевых и сиговых. Однако трофический статус Сегозера сохранился на уровне олиготрофного водоема, что дает основание для принятия мер по сохранению рыбных запасов, особенно сиговых. Перспективно выращивание сига в садках.

3. Создание Выгозерского водохранилища в основном определило гидрологический режим озера Линдозеро, от чего зависит качество водной среды (снижение прозрачности, повышение цветности, увеличение содержания органики и т.д.) и состояние биоты (увеличение площадей зарастаемости водоема, повышенное количество планктонных и донных организмов по сравнению с «чистыми» водоемами). Линдозеро мезотрофный водоем.

4. Экосистема реки Елма по состоянию абиотических и биотических показателей относится к числу стабильных. Антропогенные воздействия в настоящее время слабо выражены. Водоем перспективен для размножения и нагула сиговых.

5. При снижении амплитуды колебания уровня воды река Сегежа перспективна для размножения и нагула сиговых.

6. Анализ состояния водных экосистем разных по трофическому статусу и уровню антропогенных воздействий показал, что исследованные водоемы могут служить эталоном при рыбохозяйственной оценке водоемов, сходных по качеству водной среды и биотическим показателям, а также уровню антропогенного воздействия (водохранилищ, озер, рек и т.д.).

ГЛАВА 4. Систематический анализ, структура и формирование экологических групп сигов.

Результаты изучения морфометрических признаков половозрелых сигов из исследованных водоемов средней Карелии показали, что сиги этих водоемов принадлежат к полиморфному виду *Coregonus lavaretus* (Linnaeus, 1758). Подтверждением этому является такой значимый признак (Решетников, 1980), как число жаберных тычинок, величина которого у исследованных рыб колеблется в пределах 25 – 31 (лимит 15 – 64 по Решетникову, 2002). Число чешуй в боковой линии, также один из стабильных признаков (Svardson, 1970), полностью входит в пределы лимита – 90 – 95. Принадлежность исследованных сигов к полиморфному виду сиг обыкновенный также подтверждается количеством лучей в плавниках. Например, в D число ветвистых лучей колебалось от 10 до 13, в P – от 14 до 16, в V – от 9 до 11 и в A – от 11 до 14.

Аналогичные группы сигов этого вида хорошо известны для многих водоемов Карелии, Мурманской и Ленинградской областей (Решетников, Лукин, 2008).

В тоже время анализ совокупностей морфометрических признаков показал, что у сигов из разных водоемов существуют некоторые различия в их величинах. По минимальному количеству жаберных тычинок (25.2 ± 0.1) и максимальному числу чешуй в боковой линии (95.4 ± 0.2) выделяются сиги из реки Сегежа. Названная река отличается глубоководностью, быстрым течением и слабой зарастаемостью. По числу тычинок (25.8 ± 0.1) и количеству чешуй (93.2 ± 0.2) близки с сегежскими сиги из озера Елмозеро. Это глубоководный водоем речного типа, слабо подвергающийся антропогенному воздействию. Затем следуют сегозерские сиги (количество тычинок 27.5 ± 0.1 , количество чешуй 92.3 ± 0.2), водоем отличается большими размерами и глубоководностью, линдозерские сиги (тычинки 30.0 ± 0.27 ,

чешуя 90.3 ± 0.28), озеро мелководное, с медленным течением и интенсивным зарастанием, и елминские сиги (тычинки 31.2 ± 0.2 , чешуя 91.6 ± 0.1).

Влияние условий среды на количественные показатели меристических признаков у сигов можно проследить на примере преобразования озера Сегозеро в водохранилище. За последние 50 лет у сигов из озера Сегозеро, после преобразования его в 1957 году в водохранилище, произошло увеличение числа жаберных тычинок и чешуй в боковой линии. По материалам И.Ф.Правдина (1954) количество жаберных тычинок у сегозерского сига, обитавшего в озере было 25, а в настоящее время (в условиях водохранилища) этот показатель увеличился до $27,1 \pm 0,1$. Соответственно изменился показатель числа чешуй от 90 до $92,3 \pm 0,1$. Уже в то время А.Ф. Смирнов отмечал, что при преобразовании Сегозера в водохранилище «условия существования сигов претерпят наибольшие изменения», особенно его озерных форм. Предсказывалась также возможность смешения отдельных форм сигов, как это произошло в свое время при образовании Выгозерского водохранилища (Гордеева-Перцева с соавторами, 1959).

Среди условий среды, оказывающих влияние на стабильные количественные показатели рыб (в частности на число жаберных тычинок) многие исследователи (Берг, 1915; Jarvi, 1928; Решетников, 1980) выделяют кормовые условия (планктон). Аналогичная связь обнаружена нами при исследовании сигов в водоемах средней Карелии. Например, у сигов из Линдозера при средней биомассе планктона 0.32 г/м^3 число жаберных тычинок в среднем равнялось 30, а в Елмозере - при биомассе 0.23 г/м^3 число тычинок равнялось 25.8.

Возможность влияния условий среды на формирование морфометрических признаков рыб отмечали Н.В.Европейцева (1949), И.И.Смолянов (1957), К.И.Татарко (1968), G.Svardson (1970), A.V.Taning (1952) и другие.

Сравнительный анализ условий обитания и показателей меристических признаков сигов дает основание в исследованных озерах выделить следующие экологические формы: елмозерская озерная, елменская речная, сегозерская озерная, сегежская речная и линдозерская озерная. Аналогичные экологические формы озерных и речных сигов встречаются во многих водоемах бассейнов Белого моря, Онежского и Ладожского озер.

Несмотря на большую изменчивость пластические признаки и форма тела рыб многими исследователями признаются как универсальные для морфологической оценки представителей ихтиофауны (Правдин, 1924, 1931, 1954, 1956; Берг 1948; Решетников, 1980, 2006; Jarvi, 1928, 1950; Svardson, 1949, 1952, 1970, Szczerbowski, 1970).

Из комплекса признаков формирующих форму тела обычно выделяют: длина тела AD, постдорсальное расстояние, антедорсальное расстояние, длина головы, диаметр глаза горизонтальный. Показатели плавников

могут служить критерием при оценке их функционального значения (таблица 1). И.Ф.Правдин (1931,1954) пластические признаки, представленные в виде индексов, использовал для изучения систематики сигов Карелии, что наряду с более весомыми, меристическими признаками, позволяет более четко выделить особенности каждой экологической группы. Наши выборки по сигам представлены половозрелыми рыбами. Поэтому на их основе можно говорить об уже сформированных показателях популяций.

По общим линейным размерам (АС) выделяются формы озерных елмозерских (293.8 ± 1.2 мм) и сегозерских (281.9 ± 1.1 мм) сигов, а также сизи из реки Сегежа (247.5 ± 1.1 мм). У других экологических форм сигов линейные размеры сходны ($226.2 \pm 1.2 - 227.0 \pm 1.2$ мм).

Наибольшая длина тела (АД) отмечена также у елмозерских (283.4 ± 1.1 мм), сегозерских (265.7 ± 1.1 мм) и сегежских (226.9 ± 1.1 мм) сигов. Абсолютные показатели АД у сигов из других водоемов значительно меньше (таблица 2). Если же рассмотреть отношение АД к АС, то его наименьшая величина свойственна сигам из рек Елма ($89.4 \pm 0.88\%$) и Сегежа ($91.7 \pm 0.89\%$). У сигов из других исследованных водоемов исследуемые показатели значительно больше ($94.2 \pm 0.85\% - 96.4 \pm 0.98\%$). По индексу антедорсального, постдорсального расстояний выделяются сизи из Елмозера, Сегозера и Линдозера. Вероятно, это объясняется их озерным образом жизни. Сходство величин признаков у сигов из других водоемов можно отнести к сходным речным условиям.

Известно, что в наибольшей степени внешнее строение рыбы обусловлено, как правило, развитием приспособлений, связанных с движением, отчасти с маскировкой и захватом пищи, в меньшей степени – с функциональной деятельностью рецепторов органов чувств (Алиев, 1963). Направление развития может быть определено не только генетически детерминированными показателями, но также влиянием факторов среды на протяжении всего периода жизни рыб (Шмальгаузен, 1913; Васнецов, 1948; Никольский, 1953).

При рассмотрении пластических признаков сигов, наряду с исследованием видовых и популяционных особенностей, изучается изменчивость форм тела в связи с ростом рыб в различных условиях (Берг, 1948; Правдин, 1954; Решетников, 1980; Svardson 1950, 1965). В настоящем исследовании для изучения изменений пропорций тела рыб из разных экологических групп уместно было применить метод главных компонент (МГК).

Аналізу подвергнуты абсолютные значения пластических признаков в пределах комплекса из 22 вариант, для выборок сигов из всех исследованных водоемов в возрасте от четырехлеток до семилеток (3+ - 6+).

Таблица 2. Пластические признаки сигов исследованных водоемов

Признак (средние значения)	Озеро Елмозеро	Озеро Сегозеро	Озеро Линдозеро	Река Елма	Река Сегежа
Длина тела АС, мм	293.8±1.23	281.9±1.17	227.0±1.29	226.2±1.22	247.5±1.11
Длина тела AD, мм	283.4±1.16	265.7±1.18	215.2±1.23	202.3±1.24	226.9±1.17
В % длины АС:					
Длина AD	96.4±0.98	94.2±0.85	94.8±0.92	89.4±0.88	91.7±0.89
Длина рыла	4.7±0.07	4.9±0.06	4.7±0.07	5.2±0.04	5.0±0.08
Диаметр глаза горизонтальный	3.9±0.06	4.6±0.07	5.1±0.10	5.2±0.07	4.3±0.08
Длина головы	19.0±0.21	20.6±0.28	19.3±0.22	20.1±0.19	18.7±0.18
Наибольшая высота тела	21.8±0.25	19.3±0.10	20.3±0.25	21.0±0.18	19.3±0.16
Наименьшая высота тела	6.4±0.09	6.3±0.06	6.9±0.07	6.9±0.11	6.6±0.12
Антдорсальное расстояние	43.9±0.47	44.4±0.78	44.3±0.68	43.0±0.87	42.3±0.71
Постдорсальное расстояние	43.3±0.56	42.3±0.66	41.5±0.89	40.5±1.14	40.0±0.92
Длина основания D	11.2±0.02	11.8±0.07	11.5±0.08	11.1±0.05	11.1±0.05
Высота D	16.6±0.08	18.8±0.09	18.7±0.09	16.8±0.06	17.7±0.07
Высота А	9.5±0.03	10.8±0.06	11.0±0.04	10.8±0.05	10.7±0.06
В % длины головы:					
Длина рыла	24.9±0.32	24.0±0.38	24.7±0.27	26.1±0.28	27.0±0.40
Диаметр глаза горизонтальный	20.7±0.33	22.5±0.38	26.7±0.40	25.8±0.28	23.3±0.43
Высота головы у затылка	65.9±0.76	63.9±0.68	70.1±0.89	65.1±0.76	67.0±0.81
Ширина лба	26.3±0.32	24.0±0.29	25.4±0.41	26.9±0.36	26.3±0.33
Наименьшая высота тела	33.8±0.51	30.7±0.54	35.5±0.67	34.3±0.34	35.2±0.41
Длина основания D	59.1±0.76	57.1±0.78	59.4±0.46	55.1±0.83	59.5±0.23
Высота D	87.8±0.67	91.3±0.83	96.7±0.38	83.6±0.85	94.7±0.92

Изучение распределения особей в пространстве координат двух главных компонент (рисунок 1), показало перекрывание исследованных экологических групп, принадлежащих к одному виду *Coregonus lavaretus*. В тоже время выявленная неоднородность в распределении выборок показала на обособленность экологических форм речных сигов (особенно реки Елма). У озерных сигов неоднородность проявилась менее четко. Возможно это связано с изменением пропорций тела с возрастом и размерами сиговых, что отмечалось многими исследователями даже в пределах одного водоема (Канеп, 1968; Андреев, Решетников, 1977; Правдин, 1954; Hart, 1931).

Применение метода главных компонент позволило выделить сильные зависимости морфометрических признаков друг от друга. Отмечена высокая дисперсная нагрузка первой главной компоненты (58-79 %) и факторной нагрузки для AD (0.94-0.98). Среди исследованных рыб можно выделить признаки с общими высокими факторными нагрузками для всех водоемов: *aq*, *ay*, *az*, *qs*, *qh*, *lm*, *io*. Из них шесть относятся к непосредственным промерам тела и один к спинному плавнику.

Таким образом, анализ материалов показывает, что с увеличением длины тела происходит пропорциональное увеличение значений большинства признаков. Возможно динамика величин антевентрального (*az*) и антеанального расстояний (*ay*), связана не только с увеличением общих пропорций, а также с созреванием половых продуктов (в исследуемых выборках все суги были половозрелыми). Аналогичное явление было отмечено для плотвы и леща (Кондухова, 2008). По-видимому, оно является общим для многих видов рыб.

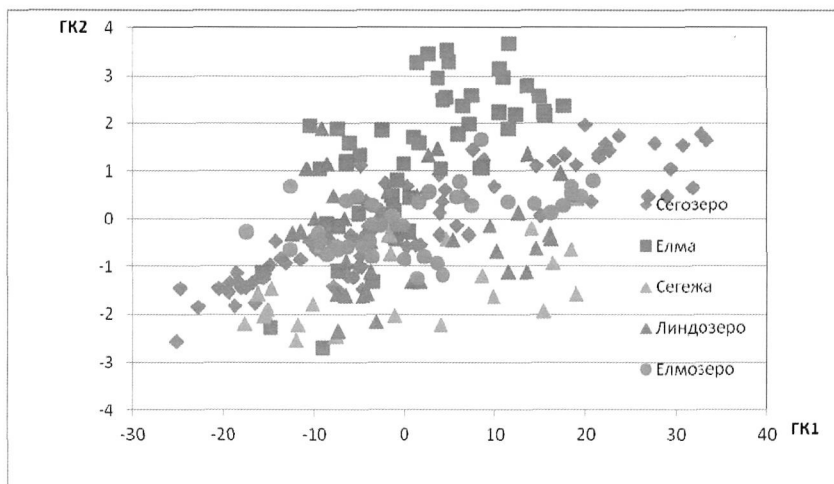


Рисунок 1. Распределение особей в пространстве двух главных компонент.

Вторая главная компонента собирает от 4 до 15 % дисперсионной нагрузки для всех исследованных рыб. Обычно признаки имеющие меньшие коэффициенты корреляции и значения факторных нагрузок для первой главной компоненты по второй компоненте обнаруживают отрицательные значения.

Наибольшая изменчивость признаков выявлена для плавников. Показано, что изменчивость длины грудных плавников в трех популяциях из пяти имеет значимый отрицательный коэффициент корреляции по вто-

рой главной компоненте (рисунок 2). Это значит, что у половозрелых рыб при увеличении АД снижается темп роста плавников. Такое явление характерно для речных сегов и проточного озера Линдозеро. Оно не наблюдается у сегов из озер Сегозеро и Елмозеро. Возможно, это обусловлено более быстрым ростом плавников речных сегов в младших возрастных группах, как одного из приспособлений для стабилизации тела в водной толще, тогда как у озерных сохраняется равномерный рост плавников в течение всей жизни.

Выявленные методом главных компонент морфометрические отличия по комплексу пластических признаков сегов из разных водоемов, которые тесно связаны с изменением величины АС дают основание все признаки разделить на 3 группы:

1) сильно и положительно зависящие ($r > 0.9$) у сегов всех исследованных водоемов (длина тела (AD), высота головы у затылка (lm), наибольшая высота тела (qh), антедорсальное расстояние (aq), антевентральное (az), антеанальное (ay), длина основания спинного плавника (qs), ширина лба (io);

2) имеющие отклонения в сопряженном изменении ($r < 0.9$) для 1-2 водоемов (длина головы (ao), постдорсальное расстояние (rd), длина хвостового стебля (fd), высота спинного плавника (tu), длина основания анального плавника (yu1), высота анального плавника (ej), длина основания брюшинного плавника (zz1), расстояние между брюшным и анальным плавниками (zy), расстояние между грудным и брюшным плавниками (vz));

3) пропорциональное изменение которых связано менее других ($r < 0.9$) длина рыла (an), диаметр глаза горизонтальный (np), наименьшая высота тела (ik), длина грудного плавника (vx).

В заключение следует отметить, что применение метода главных компонент позволяет, наряду с меристическими признаками, существенно повысить возможности пластических признаков при внутривидовой дифференцировке сегов.

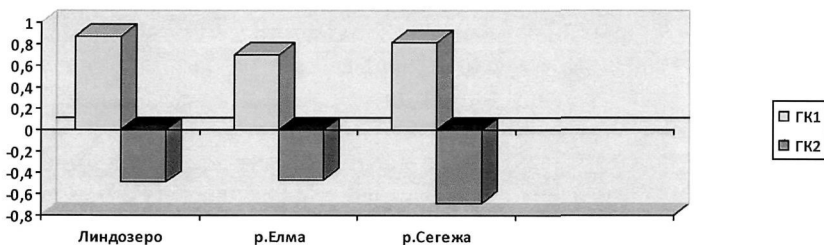


Рисунок 2. Факторные нагрузки длины грудного плавника (vx) для первых двух компонент.

ГЛАВА 5. Сравнительная эколого-биологическая характеристика исследованных сигов

Распространение сигов в исследованных водоемах.

Сиг Елмозера распространен практически по всему водоему. Однако в основном он концентрируется в островной юго-восточной и центральной частях озера. Предпочитает глубины водоема 4-6 м. На глубине более 25 м в уловах не встречался. В летний период при благоприятных температурах ночью мигрирует для питания на мелководное побережье. При повышении температуры воды в июле сиг уходит на глубину от 10 до 20 м. Возвращается в прибрежную зону лишь с осенним похолоданием. Наличие смены мест обитания сигов в зависимости от сезона года и температуры воды для холодноводных водоемов отмечал еще Ю.С. Решетников (1980).

В Сегозере исследованный сиг распространен повсеместно, хотя предпочитает концентрироваться на каменисто-песчаных мелководных участках Сондальского залива, Орчень-Губы, Каличьих островов и Паданской губы. Отмечены концентрации озерного сига в районе островов Метчишари, Кечень и Уконшари. Материалы уловов показывают, что при благоприятных температурах воды сегозерский озерный сиг предпочитает мелководные участки глубиной 2-5 м. В открытом озере обычно вылавливается на глубине 10-25 м. На глубине более 40 м озерный сиг не встречался.

Сиг Линдозера в небольших количествах встречается во всех районах озера. В весенне-летний период больших скоплений не образует. Осенью во время нерестовых миграций сиг концентрируется у луд и каменистых отмелей островов. Несмотря на то, что в Линдозере, после образования Выгозерского и Сегозерского водохранилищ, сформировался «свой» биотоп не исключается возможность миграции сигов в Выгозеро. Однако прямых доказательств этому в настоящее время не имеется.

Река Елма при значительной глубине не отличается шириной (10-15 м). Поэтому сиг предпочитает держаться в мелководных ее расширениях и непосредственно в озерах этой системы (Типингянозеро, Марьярви, Кодарви). В тоже время в озеро Наюпиламби, соединяющееся с рекой Елма широкой 5 километровой протокой, сиг не заходит и в опытных уловах не был отмечен. Причиной могут быть кислые воды и низкая кормность ламб. Осенью елменские сиги мигрируют на каменисто-песчаные нерестилища мелководных расширений реки и в озера ее системы.

В реке Сегежа сиг обнаружен на всем ее протяжении. Однако чаще всего он образует скопления в наиболее широких ее участках и по краям тростниковых зарослей. В заливах больших скоплений не образует, заходит кормиться в Водолей – ламбину. В Чура – ламбине не отмечен, по всей видимости мелководность водоема и качество воды не обеспечивают

условий для жизни сиговых рыб. Порожистых участков реки и быстрин избегает.

Общим для исследованных экологических форм сигов является повсеместное их распространение и концентрация в прибрежных мелководных участках. Озерным формам сигов свойственно наличие сезонных миграций в глубокие участки водоемов. Речные формы сигов в основном концентрируются в расширениях рек и в озерах их систем.

Повсеместность распространения исследованных экологических форм сигов не исключает возможности существования в водоемах (особенно крупных) других группировок сигов, обеспечивающих устойчивость и функционирование полиморфного вида *Coregonus*. Выпадение таких группировок из экосистемы водоема обычно приводит к сокращению био-разнообразия (Решетников, 1980, 2005; Решетников, Лукин, 2008).

Возрастной состав сигов

Возрастной состав сигов в уловах является одним из показателей, характеризующих состояние их популяций. Оценка возрастного состава рыб широко используется в экологическом прогнозировании объемов промысла.

Елмозерские сиги в уловах представлены половозрелыми особями пяти возрастных групп (3+ - 7+). Основу уловов (78 %) составляют 5-6 – летние рыбы (рисунок 3). Подобное соотношение было отмечено Д.Д. Прозоровым при исследовании сигов Елмозера в 1947 году, что свидетельствует о стабильном состоянии данной популяции.

В возрастной структуре уловов сегозерских сигов отмечено также пять возрастных групп (3+ - 7+). Преобладали в уловах 6-летние особи (45%). Число пятилеток и семилеток не превышало 18 % (рисунок 3). По сравнению с материалами предыдущих лет возрастная структура стада сегозерских сигов несколько изменилась (Отчет, 2007). Из уловов полностью исчезли рыбы старше 9 лет. Количество 8-леток сократилось в 2 раза, а число 6-леток возросло в 3 раза, 5-леток – в 2,5 раза и 4-леток – в 12,7 раза. Исследуемое стадо сегозерских сигов существенно омолодилось. Отмечается также более раннее половое созревание рыб. Очевидно, изменения возрастного состава сигов является следствием преобразования озера в водохранилище. Это, прежде всего, сокращение площади нерестилищ, нестабильность уровня воды в Сегозере, изменение ее качества и так далее.

Уловы линдозерских сигов в основном представлены 4-х и 5-летними возрастными группами (рисунок 3), то есть достаточно молодыми особями, достигшими половой зрелости. Это значит, что исследуемая экологическая группа сигов Линдозера еще или не сформировалась или произош-

ло ее омоложение (следствие перелова). Из практики рыболовства известно, что перелов практически всегда приводит к омоложению промыслового стада (Веденеев, 1983; Решетников, 1980 и др.).

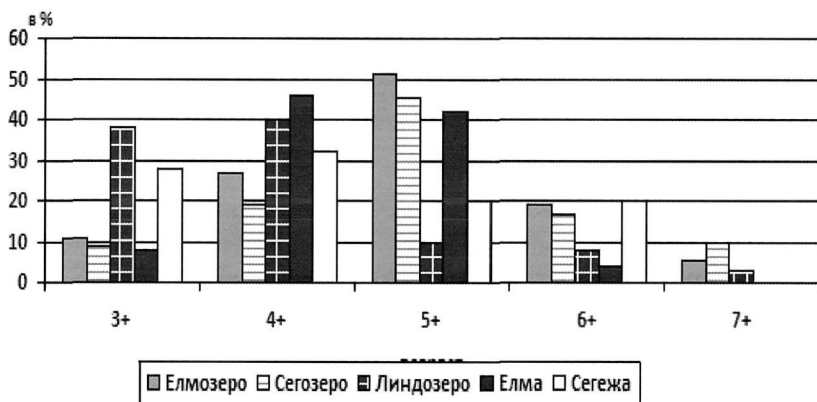


Рисунок 3. Соотношение возрастных групп исследованных сигов в уловах.

В возрастной структуре популяции сига из реки Елма выявлены только 4 возрастные группы (3+ - 6+) с преобладанием 5- и 6-леток (88%). Труднодоступность реки для рыбаков, по-видимому, способствует сохранению сигов в этом водоеме.

Экологическая форма сегежских сигов также представлена четырьмя возрастными группами (3+ - 6+). В уловах в основном присутствовали 4-х и 5-летние особи, составлявшие почти 60 % от общего улова (рисунок 3). Представительность более старших возрастных групп была сходной, но на 8-11 % меньше по сравнению с предыдущими более молодыми рыбами. Такое распределение сигов в уловах может быть следствием благополучия в состоянии сегежской популяции.

Анализ возрастного состава уловов сигов в исследованных водоемах показал, что в Елмозере и реках Елма и Сегежа, несмотря на малочисленность, состояние стад сигов можно оценить как благополучное. Для сохранения озерных сигов Сегозера и Линдозера требуются специальные рыболовные мероприятия.

Половое созревание и размножение.

Половое созревание рыб зависит не только от размеров, но и связано с их возрастом и скоростью роста. Подобная закономерность полностью относится к сиговым рыбам (Решетников, 1980).

Быстрорастущие сига Елмозера и Сегозера становятся половозрелыми в возрасте 4-5 лет. К этому времени масса их тела достигает 140-220 г при длине 23.0-28.0 см. Более мелкие формы сигов из Линдозера и рек Елма и Сегежа достигают половой зрелости в возрасте 3-4 лет. Масса их тела у разных форм в это время колеблется от 70 до 120 г, а линейные размеры от 19.0 до 23.0 см.

Самцы всех исследованных форм сигов обычно созревают на 1, иногда на 2 года раньше самок. Это биологическое явление свойственно большинству рыб.

Нерестятся исследуемые формы речных и линдозерских сигов в ноябре. Озерные сига Елмозера и Сегозера обычно начинают нерестовую миграцию во второй половине октября, а активный нерест проходит в ноябре. В это время обычно температура воды колеблется в пределах 4-6°C. Нерестилища озерных форм сига чаще всего расположены на глубинах до 10 м. Речные сига нерестятся на порожистых участках рек, или на мелководьях их озеровидных расширений. Грунты нерестилищ или каменисто-песчаные или гравийно-песчаные. В реке Сегежа отмечен нерест сигов в тростниковых зарослях заливов.

В нерестовых стадах сегежской (2.0 – 1.0) и елминской (1.9 – 1.0) групп сигов преобладают самки. В Елмозере преимущество самок очень незначительное (1.2 – 1.0). Отмечено, что в возрастной группе 3+ елмозерских сигов преобладали самцы (0.8 – 1.0). У сегозерских и линдозерских сигов во время нереста соотношение полов было равным (1.0 – 1.0).

После нереста обычно производители сигов уходят на глубины, где температура воды сохраняется в пределах 3 – 5°C. Интенсивность их питания в это время низкая.

Эмбриональный период у исследованных форм сига продолжается от 4-х до 5-и месяцев. В апреле – начале мая (редко) выклеваются личинки, которые в возрасте 4 – 6 суток начинают питаться.

Динамика линейного и весового роста.

Изучение закономерностей и особенностей роста рыб представляет не только научный интерес, но и имеет важное практическое значение. При наличии материалов о линейно-весовых показателях можно определить динамику периодичности их соотношения, установить максимальные и минимальные величины и, следовательно, регулировать сроки получения максимальной продукции.

На основе анализа результатов линейно-весового роста исследованных экологических групп сигов установлено, что существуют значительные различия в величинах их показателей (таблицы 3, 4). Особенно четко эти различия проявляются к началу полового созревания рыб (3+). По резуль-

татам нашего исследования различия в массе тела сигов могут достигать двукратной величины (таблица 3). Наиболее быстрорастущими оказались озерные сиги из Сегозера (годовой прирост 47 г) и Елмозера (годовой прирост 60 г). Очень медленно росли сиги из реки Елма и озера Линдозеро. Средний годовой прирост массы тела у них составил лишь 27 г и 29 г соответственно. Среднее положение занимали сиги из реки Сегежа (годовой прирост 39 г). Темп линейного роста сигов в исследуемый период в основном был сходен с показателями накопления массы тела (таблица 3). К началу полового созревания самыми мелкими оказались линдозерские (АС – 20.8 см) и елменские (АС – 21.1 см) сиги. Максимальные размеры отмечены у елмозерских сигов (26.3 см).

Таблица 3. Возрастная динамика накопления массы тела (г) у сигов из исследованных водоемов

	3+	4+	5+	6+	7+
Елмозеро	180.1±3.4	220.4±4.7	282.7±2.4	350.2±3.6	504.5±6.2
Сегозеро	141.0±5.7	196.8±6.3	254.2±2.4	308.2±1.7	387.2±5.1
Линдозеро	82.3±2.1	105.1±1.4	164.5±5.1	204.8±7.4	330.0±0.0
Река Елма	87.5±3.2	105.4±4.4	132.7±2.2	145.0±6.4	-
Река Сегежа	115.7±1.6	130.6±2.5	151.0±3.3	205.0±3.7	-

У половозрелых сигов, несмотря на общее снижение темпа роста, различия в накоплении массы и увеличении размеров тела в основном сохранились на уровне молодки. По массе тела, по-прежнему, преобладали елмозерские и сегозерские сиги (таблица 3). За три года масса их тела увеличилась в 2.2 раза. У сегежских и елменских сигов за это же время масса тела возросла в 1.8 и 1.7 раза соответственно. При достижении половозрелости за последующие три года линдозерские сиги по массе догнали сегежских. Масса тела у них возросла в 2.5 раза. Что касается линейных размеров, то различий в темпе их увеличения не выявлено. У всех групп сигов за три года (4+ – 6+) линейные размеры увеличились. Однако сформировавшиеся к началу полового созревания различия в линейных размерах сохранились практически на том же уровне (таблица 4).

Таблица 4. Возрастная динамика линейного роста сигов (см) из исследованных водоемов

	3+	4+	5+	6+	7+
Елмозеро	26.3±0.4	28.3±0.2	30.0±0.4	31.5±0.1	35.5±0.2
Сегозеро	23.9±0.1	25.7±0.2	28.4±0.2	30.0±0.2	33.4±0.3
Линдозеро	20.8±0.3	22.7±0.2	24.4±0.1	25.7±0.2	29.5±0.5
Река Елма	21.1±0.3	22.5±0.2	24.7±0.3	25.5±0.3	-
Река Сегежа	22.2±0.2	23.4±0.2	24.4±0.1	26.6±0.5	-

Выявленная динамика роста сига в исследованных водоемах в основном связана с качественным и количественным составом кормовых организмов. Быстрый рост сига из Сегозера и Елмозера есть следствие хорошей кормовой базой (биомасса планктона $0.23 - 0.28 \text{ г/м}^3$). Вероятно, также сказалось наличие в этих озерах больших площадей для нагула. Интересным является ускорение темпа роста у половозрелых сига из Линдозера. Несмотря на богатую кормовую базу (0.32 г/м^3) до полового созревания их молодь росла очень медленно. В половозрелом же состоянии рост сига в этом водоеме значительно ускорился. Причиной этих изменений могла стать недоступность для молоди кормовых организмов, которые представлены в основном крупными (зарослевыми) формами. Тугорослость елменских сига связана исключительно с бедной кормовой базой, биомасса зоопланктона – 0.03 г/м^3 . Известно, что мелкие тугорослые сига обычно встречаются в малокормных водоемах Северной Карелии, Кольского полуострова и даже в некоторых северных водоемах Европы (Ильмаст, 1999).

По сравнению с другими водоемами Карелии исследованные сига существенно не отличаются по темпу роста от аналогичных форм рыб. В этих водоемах также встречаются как быстрорастущие, так и медленно растущие формы сига (таблица 5). В частности темп роста исследованных сига (особенно молоди) весьма близок к сига из Онежского озера, не отличающегося богатством кормовой базы.

Для определения закономерностей возрастной динамики роста сиговых и выявления степени различий в размерах и массе тела у разных экологических форм целесообразно использовать математический аппарат. Для этой цели наиболее подходит степенная функция уравнения $y=b \cdot x^a$, где y – длина тела АС, мм, b – эмпирический коэффициент, x – возраст, годы, a – степенной коэффициент функции. В таблице 6 приведены реальные значения степенных уравнений для размеров сига из исследованных водоемов. Рассчитаны параметры степенных уравнений для массы тела сига. Выявленные различия достоверны.

В уравнениях независимой переменной выступает возраст сига из различных водоемов. Подставляя конкретные значения можно без особых трудностей вычислить размеры и массу тела рыб для каждой возрастной группы, что имеет важное значение для экологического прогнозирования изменений в ихтиоценозах, определения их потенциальных возможностей и рационального использования. Такие сведения весьма полезны также при выращивании сига в искусственных условиях.

Таблица 5. Возрастная динамика линейно-весового роста сига из различных водоемов

	3+	4+	5+	6+	7+	
Масса тела, г						
Пялемское Онего	165	227	344	440	710	Веденеев,1983
Топозеро	300	400	500	600	700	Александров, Новиков,1959
Тикшозеро	258	292	356	458	543	Отчет,2003
Повенецкий залив	161	255	376	509	-	Отчет,2005
Онежское озеро	-	305	484	579	700	Отчет,2005
Длина тела (АС), см						
Пялемское Онего	26.5	28.8	32.6	35.2	39.8	Веденеев.1983
Топозеро	30.9	34.0	36.0	37.6	39.6	Александров, Новиков,1959
Тикшозеро	26.3	27.4	28.7	31.3	34.4	Отчет,2003
Повенецкий залив	26.6	29.9	33.9	37.5	-	Отчет,2005
Онежское озеро	-	31.1	35.1	38.5	41.2	Отчет,2005

Таблица 6. Уравнения изменения длины тела (АС) у сига различного возраста

Водоем	Уравнение
Елмозеро	$y=174.2 * X^{0.35}$
Сегозеро	$y=167.7 * X^{0.35}$
Линдозеро	$y=141.7 * X^{0.35}$
р. Елма	$y=139.3 * X^{0.35}$
р. Сегежа	$y=143.4 * X^{0.35}$

Выводы

1. Установлено, что качество водной среды и ее биоты при слабом антропогенном воздействии практически не изменяются (озеро Елмозеро, река Елма), а при преобразовании водоемов (озера Сегозеро, Линдозеро, река Сегежа) происходит трансформация экосистем; количество экологических групп сига сокращается.

2. Выявлено, что исследованные сиги озерно-речных систем средней Карелии, относятся к полиморфному виду *Coregonus lavaretus* (Linnaeus, 1758). В пределах вида выявлено наличие экологических форм: елмозерская озерная, сегозерская озерная, линдозерская озерная, елменская речная и сегежская речная.

3. Показано, что для сигов из водоемов средней Карелии изменение всех пропорций тела тесно связано с изменением его длины (АС). Выделено три группы исследованных признаков:

а) сильно и положительно зависящие ($r > 0.9$) у сигов всех изученных водоемов – длина тела до конца чешуйчатого покрова (AD), высота головы у затылка (lm), наибольшая высота тела (qh), антедорсальное расстояние (aq), антевентральное (az), антеанальное (au), длины основания спинного плавника (qs), ширина лба (io);

б) имеющие отклонения в сопряженном изменении ($r < 0.9$) для 1-2 водоемов – длина головы (ao), постдорсальное расстояние (rd), длина хвостового стебля (fd), высота спинного плавника (tu), длина основания анального плавника (yu1), высота анального плавника (ej), длина основания брюшинного плавника (zz1), расстояние между брюшным и анальным плавниками (zy), расстояние между грудным и брюшным плавниками (vz);

в) пропорциональное изменение которых связано менее других ($r < 0.9$) – длина рыла (an), диаметр глаза горизонтальный (pr), наименьшая высота тела (ik), длина грудного плавника (vx).

4. Установлены отличия экологических групп по корреляции признаков от длины AD - в группе озерных сигов более изменчивы основные морфометрические параметры тела, в группе речных – морфометрические показатели плавников.

5. Показано, что наиболее быстрый темп роста свойственен сигам из олиготрофных глубоких водоемов (Сегозеро), особенно не подверженных антропогенному воздействию (Елмозеро). Тугорослость, быстрое половое созревание и короткий жизненный цикл характерны речным формам сигов. Интенсивное увеличение массы и размеров тела сигов происходит до полового созревания, у половозрелых рыб темп роста замедляется.

6. Выявлена зависимость темпа роста сигов от качественного и количественного состава кормовой базы. Чем богаче кормовая база, тем интенсивнее растут сиги.

7. Модельная динамика ростовых изменений в популяциях сигов ближе всего соответствует: для длины тела АС – степенной функции, а для массы тела – экспоненциальной. Параметры уравнений роста длины АС и массы тела достоверно отличаются у сигов различных экологических групп.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
Статья в рецензируемом журнале из списка ВАК

1. Рыжков Л.П., Курицын А.Е. 2010. Сиги *Coregonus lavaretus (L.)* некоторых водоемов средней Карелии // Ученые записки Петрозаводского Государственного Университета. Серия Естественные науки. Т. 50. № 3. С. 22-26.

Публикации в других изданиях

2. Курицын А.Е. 2004. Ихтиофауна реки Сегежа // Мат-лы 56-й. научной студ. конф. «Научно-исследовательская работа студентов». Петрозаводск: ПетрГУ. С. 195-196.

3. Курицын А.Е. 2005. Сиги Выгозерского бассейна // Мат-лы 57-й. научной студ. конф. «Научно-исследовательская работа студентов». Петрозаводск: ПетрГУ. С. 175-177.

4. Курицын А.Е. 2005. Сиги бассейна Выгозерского водохранилища // Мат-лы Второго Всеросс. конк. науч. студ. работ, посвященного 200-летию МОИП «Биотехнология – охране окружающей среды». Москва: изд. Графикон-принт. С. 267-271.

5. Курицын А.Е. 2006. Сиги центральной части Карелии // Мат-лы 58-й. научной студ. конф. «Научно-исследовательская работа студентов». Петрозаводск: ПетрГУ. С. 239-241.

6. Курицын А.Е. 2011. Состояние водной экосистемы Сегозера – сигового водоема средней Карелии. // Современные проблемы науки и образования №6. (приложение "Биологические науки"). - С. 9

7. Курицын А.Е. 2011. Состояние сиговых озер при различном уровне антропогенного воздействия // Материалы научной конференции «Современные проблемы водной токсикологии». К 100-летию со дня рождения Е.А.Веселова. Петрозаводск: ПетрГУ. С. 61-63.

Подписано в печать 18.04.11. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Уч.-изд. л. 1. Тираж 100 экз. Изд. № 108

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Отпечатано в типографии Издательства ПетрГУ
185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33