

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Программа фундаментальных исследований
«Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные
исследования мониторинга» Отделение биологических наук РАН

Учреждение Российской академии наук
Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

Учреждение Российской академии наук
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БИОРЕСУРСОВ ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМОВ

В двух томах

Том 2

Москва
Издательство «АКВАРОС»
2011

УДК 574.5(28)+597(28)

ББК 28.081

С 56

Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов. Материалы докладов I Всероссийской конференции с международным участием. 12–16 сентября 2011 г., Борок, Россия. В двух томах. – М.: АКВАРОС, 2011. – 901 с. (Том 2 – 433 с.)

Книга посвящена современному состоянию биологических ресурсов внутренних водоемов России и сопредельных стран. Представлены работы по следующим направлениям: современное состояние рыбных ресурсов во внутренних водоемах; видовое разнообразие рыбного населения в пресноводных водоемах; динамика популяций рыб внутренних водоемов и антропогенные воздействия; современные методы исследования рыбных ресурсов во внутренних водоемах; современное состояние охраны и правового регулирования рыбных ресурсов.

Табл. 152. Ил. 226.

Current state of inland waters biological resources. Proceedings of the First All-Russian conference with foreign partners. September 12–16, 2011, Borok, Russia. – М.: AQUAROS, 2011. – 901 p. (Volume 2 – 433 p.) – ISBN 978-5-901652-14-5.

The book is devoted to the current state of biological resources in the inland waters of Russia and its neighbouring countries. The following research areas are presented: current state of fish resources in the inland waters; species diversity of freshwater fish communities; dynamics of fish populations in the inland waters and anthropogenic impacts; modern methods for studying fish resources in the inland waters; current situation with protection and legal regulation of fish resources.

Книга печатается по решению Ученого совета Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН № 8 от 29.07.2011 г.

*Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
по проекту № 11-04-06095-г*

ISBN 978-5-901652-14-5

© Издательство «АКВАРОС», 2011

© Институт биологии внутренних вод РАН, 2011

© Институт проблем экологии и эволюции РАН, 2011

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИГОВ ВОДОЕМОВ СРЕДНЕЙ КАРЕЛИИ

Л.П. Рыжков, А.Е. Курицын

*Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск,
lrp@petsu.ru*

Ихтиофауна водоемов средней Карелии до сих пор остается слабо изученной. Внимание исследователей в основном направлено на изучение проблем, связанных с промыслом рыб в крупных водоемах региона (Сегозера и Выгозера). Впервые о сигах этого района стало известно из работы Г.Ю. Верещагина (1923). Затем И.Н. Арнольд (1925) отметил существование в Выгозере нескольких разновидностей сига, а Л.И. Паллон (1929) для Сегозера назвал даже 6 форм. И.Ф. Правдин (1954) подтвердил эти сведения. А.Ф. Смирнов (Гордеева-Перцева с соавторами (1959) показал, что в составе ихтиофауны Сегозера первое место по разнообразию занимают сиги. При этом А.Ф. Смирнов отметил, что при преобразовании Сегозера в водохранилище численность сига может сократиться в следствие ухудшения условий для размножения. В 1972 году исследованиями СеврыбНИИпроекта этот прогноз был полностью подтвержден. Исследуя Ондозеро В.В. Покровский (Александров с соавторами, 1959) отметил численное преобладание ряпушки среди других видов рыб. Им же было показано наличие малотычинковых сига в Елмозере. В.Г. Мельянцева (1959) в Пулозере и Сумозере в составе уловов также обнаружил несколько сига. С.П. Китаев и В.Я. Первозванский (2001) приводят факты нахождения сига в Уросозере, Кяменицком и Ондозере. Многотычинковый сиг обнаружен в Тумасозере (Савостин, 2009). Систематическое положение и наличие экологической форм сига описано в работе Л.П. Рыжкова и А.Е. Курицына (2010). Больше крупных ревизий сига в водоемах средней Карелии не проводилось.

Эколого-биологические исследования сига средней Карелии практически не проводились. Поэтому целью настоящего исследования является изучить эколого-биологические особенностей сига в водоемах средней Карелии.

Предполагалось решить следующие задачи – исследовать биологические особенности сига из разных условий обитания и проанализировать динамику линейно-весового роста сига из водоемов средней Карелии. Ихтиологический материал добывался с помощью наборов ставных жилаковых сетей с ячеей от 20 до 70 мм, длиной до 30 метров, высотой от 1.5 до 6 метров. Общий объем со-

бранного и обработанного материала составил 241 экземпляр разновозрастного сига. Обработка ихтиологического материала проводилась по методикам И.Ф. Правдина (1954, 1966) и Н.И. Чугуновой (1959). При математико-статистической обработке результатов применялся описательный анализ, компонентный анализ и имитационное моделирование ростовых процессов. Оценка достоверности различий между средними арифметическими осуществлялась по критерию Стьюдента (t -тест) для значимости $\alpha = 0.05$ (Зворыгин, 2006; Коросов, 2007).

Общая характеристика исследованных сиговых водоемов приведена в статье настоящего издания.

Распространение. Сиг Елмозера распространен практически по всему водоему. Однако в основном он концентрируется в юго-восточной и центральной частях озера. Предпочитает глубины 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.

В Сегозере исследованный сиг распространен также повсеместно, хотя предпочитает концентрироваться на каменисто-песчаных мелководных участках заливов. Отмечены концентрации озерного сига в районе некоторых островов. Судя по величине уловов при благоприятных температурах воды сегозерский озерный сиг предпочитает мелководные участки глубиной 2–5 м. В открытом озере он 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 расширениях и в большинстве озер этой системы. В водоемы с кислыми водами (Наюпиламби) сиг не заходит и в опытных уловах не был отмечен. Осенью елменские сиви мигрируют на камени-

сто-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 ламбины (Водолей). Порожистых участков реки и быстрин избегает.

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

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

Елмозерские сего в уловах представлены половозрелыми особями пяти возрастных групп (3+ – 7+). Основу уловов (78%) составляют 5–6 – летние рыбы (рис. 1). Подобное соотношение было отмечено Д.Д. Прозоровым при исследовании сегов Елмозера в 1947 году, что свидетельствует о стабильном состоянии данной популяции.

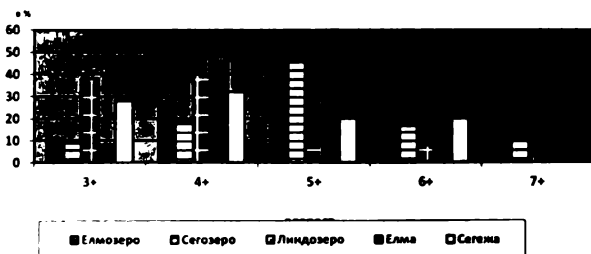


Рис 1. Соотношение возрастных групп исследованных сегов в уловах.

В возрастной структуре уловов сегозерских сегов отмечено также пять возрастных групп (3+ – 7+). Преобладали в уловах 6-летние особи (45%). Число пятилеток и семилеток не превышало 18% (рис. 1). По сравнению с материалами предыдущих лет возрастная структура стада сегозерских сегов несколько изменилась. 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. Очевидно, изменение возрастного состава сигов является следствием преобразования озера в водохранилище. Это, прежде всего, сокращение площади нерестилищ, нестабильность уровня воды в Сегозере, изменение качества водной среды и так далее.

Уловы линдозерских сигов в основном представлены 4-х и 5-летними возрастными группами (рис.1), достаточно молодыми половозрелыми особями. Это значит, что исследуемая экологическая группа сигов Линдозера еще или не сформировалась или произошло ее омоложение (следствие перелова). Из практики рыболовства известно, что перелов практически всегда приводит к омоложению промыслового стада (Решетников, 1980; Веденеев, 1983 и др.)

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.

Сегежские сиги также представлены четырьмя возрастными группами (3+ – 6+). В уловах в основном присутствовали 4-х и 5-летние особи, составлявшие почти 60% от общего улова (рис. 1). Представительность более старших возрастных групп была на 8–11% меньше по сравнению с более молодыми рыбами. Такое распределение сигов в уловах может быть следствием благополучия в состоянии сегежской популяции.

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 сиги 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 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 речные и линдозерские сиги в ноябре. Озерные сиги 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 сига чаще всего расположены на глубинах до 10 м. Речные сиви нерестятся на порожистых участках рек, или на мелководьях их озеровидных расширений. Грунты нерестилищ или каменисто-песчаные или гравийно-песчаные. В реке Сегежа отмечен нерест сивов в тростниковых зарослях заливов.

В нерестовых стадах сегежских (2.0-1.0) и елминских (1.9-1.0) сивов преобладают самки. В Елмозере преимущество самок очень незначительное (1.2-1.0), а в возрастной группе 3+ отмечено даже преобладание самцов(0.8-1.0). У сегозерских и линдозерских сивов во время нереста соотношение полов было равным (1.0-1.0).

После нереста обычно производители сивов уходят на глубины, где температура воды сохраняется в пределах 3-5 °С. 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) выклевываются 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 их чередования, установить максимальные и минимальные величины и, следовательно, регулировать сроки получения максимальной продукции.

В динамике линейно-весового роста исследованных экологических групп сивов установлено существование значительных различий (табл. 1). Особенно четко они проявляются к началу полового созревания рыб (3+) и достигают по массе тела двукратной величины. Наиболее быстрорастущими оказались озерные сиви из Елмозера (годовой прирост 60 г) и Сегозера (годовой прирост 47 г). Очень медленно росли сиви из реки Елма и озера Линдозеро. Средний годовой прирост массы тела у них составил 27 г и 29 г соответственно. Среднее положение занимали сиви из реки Сегежа (годовой прирост 39 г). Темп линейного роста сивов в исследуемый период в основном был сходен с динамикой накопления массы тела. К началу полового созревания самыми мелкими оказались линдозерские (АС - 20.8 см) и елменские (АС - 21.1 см) сиви. Максимальные размеры отмечены у елмозерских сивов (26.3 см).

У половозрелых сивов, несмотря на общее снижение темпа роста, различия в накоплении массы и увеличении размеров тела в основном сохранились. По массе тела, по-прежнему, превалирова-

ли елмозерские и сегозерские сига. 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. Интересно, что половозрелые линдозерские сига за три года по массе тела 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 пропорционально увеличились. Однако различия в линейных размерах, сформировавшиеся к началу полового созревания, сохранились практически на том же уровне (табл. 1).

Таблица 1.

Возрастная динамика линейного и весового роста сигов

	3+	4+	5+	6+	7+
Масса тела, г					
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	-
Длина тела, см					
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	-

По сравнению с другими водоемами Карелии исследованные сига существенно не отличаются по темпу роста от аналогичных форм рыб. В частности темп роста исследованных сигов (особенно молоди) весьма близок к сигам из Онежского озера, не отличающегося богатством кормовой базы.

Выявленная динамика роста сигов в исследованных водоемах в основном связана с качественным и количественным составом кормовых организмов. Быстрый рост сигов из Сегозера и Елмозера есть следствие хорошей кормовой базой (биомасса планктона 0.23–0.28 г/м³). Интересным является ускорение темпа роста у половозрелых сигов из Линдозера. Несмотря на богатую кормовую базу (0.32 г/м³) до полового созревания их молодь росла медленно. В половозрелом состоянии рост сигов в этом водоеме значительно ускорился. Причиной этих изменений могла стать недоступность

для молоди кормовых организмов, которые представлены в основном крупными (зарослевыми) формами. Тугорослость елменских сигаев связана исключительно с бедной кормовой базой, биомасса зоопланктона – 0.03 г/м³. Известно, что мелкие тугорослые сигаи обычно встречаются в малокормных водоемах Северной Карелии, Кольского полуострова и даже в некоторых северных водоемах Европы (Ильмаст, 1999).

Для выявления закономерностей возрастной динамики роста различных экологических форм сигаев был использован 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 2 приведены реальные значения степенных уравнений для размеров и массы тела сигаев из исследованных водоемов. Выявленные различия достоверны.

Таблица 2.

Уравнения по возрастной динамике роста сигаев

Водосм	Уравнение
Линейные размеры	
Елмозеро	$y=174.2 \cdot X^{0.35}$
Сегозеро	$y=167.7 \cdot X^{0.35}$
Линдозеро	$y=141.7 \cdot X^{0.35}$
р. Елма	$y=139.3 \cdot X^{0.35}$
р. Сегежа	$y=143.4 \cdot X^{0.35}$
Масса тела	
Елмозеро	$y=27.2 \cdot \text{Exp}(X^{0.34})$
Сегозеро	$y=22.5 \cdot \text{Exp}(X^{0.34})$
Линдозеро	$y=16.3 \cdot \text{Exp}(X^{0.34})$
р. Елма	$y=11.6 \cdot \text{Exp}(X^{0.34})$
р. Сегежа	$y=15.1 \cdot \text{Exp}(X^{0.34})$

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

Близкие значения коэффициентов в модельных уравнениях свидетельствуют о сходстве общей динамики роста сигаев средней Карелии, а также подтверждают правомочность использования такого

рода математической интерпретации. В тоже время по величине коэффициентов в этих уравнениях можно судить об имеющихся «стартовых» различиях в скорости роста сегов из разнотипных водоемов.

Анализ показателей степенных уравнений показывает, что наряду с экологическими формами существуют в исследованных водоемах более крупные экологические группировки (табл. 3). По условиям обитания возможно выделить в водоемах средней Карелии две такие группировки:

- озерные сегои (Елмозеро, Сегозеро, Линдозеро);
- речные сегои (река Елма, река Сегежа).

Таблица 3.

Уравнения возрастной динамики роста озерных и речных сегов

Уравнения	Озерные	Речные
длина тела АС	$y=170.0 \cdot X^{0.35}$	$y=141.1 \cdot X^{0.35}$
масса тела	$y=24.1 \cdot \text{Exp}(X^{0.34})$	$y=13.3 \cdot \text{Exp}(X^{0.34})$

Из материалов таблицы 3 следует, что озерные сегои существенно превалируют по размерам и массе тела над речными группировками. По критерию коэффициента Стьюдента достоверность выявленных отличий (T_3 для длины – 3.3; T_3 для массы – 3.87) при уровне значимости $p=0.05$.

В целом можно отметить, что в водоемах средней Карелии достаточно быстро растут озерные формы сегов в олиготрофных, глубоководных озерах, с хорошо развитой кормовой базой, которые еще не подвержены сильному антропогенному воздействию (например, Елмозеро). В других озерах рост сегов обусловлен качественным и количественным составом кормовой базы, ее энергоемкостью и доступностью. Для сегов речных характерны тугорослость, раннее половое созревание и короткий возрастной ряд.

Выводы

1. Рассмотрены эколого-биологические особенности (распространение, возрастной состав, половое созревание, размножение и рост) экологических форм сегов.

2. Дана характеристика линейного и весового роста и рассчитаны параметры степенных уравнений для каждой экологической формы сегов. Показана достоверность выявленных различий.

Список литературы

- Арнольд И.Н. Ихтиофауна и рыбный промысел на озере Выгозере. Труды I Всероссийского Гидрологического съезда. Ленинград, 1925. С. 454–456.

- Александров Б.М., Покровский В.В., Смирнов А.Ф. и Урбах В.В. Озеро Лексозеро // Озера Карелии. Петрозаводск: Гос. изд-во КАССР, 1959. С. 434–445.
- Верещагин Г.Ю. Исследования на Сегозере и Выгозере // Рыбное хозяйство. № 3. М., 1923.
- Гордеева-Перцева Л.И., Смирнов А.Ф., Стефановская А.Ф. Озеро Сегозеро // Озера Карелии. Петрозаводск: Гос. изд-во КАССР, 1959. С. 465–481.
- Зворыгин И.А. Статистический анализ лабораторных данных // Новости Вектор-Бест. №1 (39). 2006. С. 1–11.
- Ильмаст Н.В. Сиговые рыбы некоторых водоемов Карелии и Финляндии. Автореф. дисс. канд. биол. наук. Петрозаводск. 1999. 25с.
- Китаев С.П., Первозванский В.Я. Рыбы. Инвентаризация и изучение биологического разнообразия на территории центральной Карелии. / Ред. А.Н. Громцев, В.И Крутов. Петрозаводск КарНЦ РАН, 2001. С. 198–205.
- Коросов А.В. Специальные методы биометрии. Учебное пособие. Петрозаводск, 2007. 364 с.
- Мельянцева В.Г. Озеро Сумозеро // Озера Карелии. Природа, рыбы и рыбное хозяйство. Петрозаводск: Гос. изд-во КАССР, 1959.
- Паллон Л.И. Рыбы и рыбный промысел Сегозера // Исследование морей СССР. № 10. Л., 1929. С. 13.
- Правдин И.Ф. Сиги водоемов Карело-финской ССР. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1954. 376 с.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М., 1966. 376 с.
- Решетников Ю.С. Экология и систематика сиговых рыб. М.:Наука, 1980. 300 с.
- Решетников Ю.С., Лукин А.А. Сиговые рыбы // Биоресурсы Онежского озера. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2008. С. 121–137.
- Рыжков Л.П., Курицын А.Е., Сиги (*Coregonus lavaretus* (Linneus, 1758)) некоторых водоемов средней Карелии // Ученые записки Петрозаводского Государственного Университета. Сер. Естественные и технические науки. 2010. Т. 6. С. 22–26.
- Савосин Д.С. Биология многотычинкового сига *Coregonus lavaretus* (L.) Тумасозера // Тез. док. XVI межд. молодежного форума «Ломоносов – 2009». Москва: МГУ, 2009. С. 117–118.
- Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М., 1959. 162 с.