

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

СИСТЕМАТИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМЫ СИГОВ ВОДОЕМОВ СРЕДНЕЙ КАРЕЛИИ

Л.П. Рыжков, А.Е. Курицын

*Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск,
rlp@petrsu.ru*

В настоящее время одной из актуальных проблем на Европейском Севере является сохранение качества водной среды и ее биоресурсов в условиях интенсивно развивающейся хозяйственной деятельности. Особый интерес в этом отношении представляют водоемы средней Карелии, уровень антропогенного воздействия на которые различен. Экосистемы реки Елма и озера Елмозеро по состоянию абиотических и биотических показателей относятся к стабильным. Антропогенное влияние слабо выражено. При преобразовании Сегозера в водохранилище произошли и продолжают изменяться, как в гидролого-гидрохимическом, так и в биологическом статусе водоема. При формировании Выгозерского водохранилища изменился гидрологический режим Линдозера и его трофический статус, что негативно отразилось на качестве водной среды (снижение прозрачности, повышение цветности и т.д.) и состоянии биоты (увеличение зарастаемости водоема, повышение численности планктонных и донных организмов). Зарегулирование истока реки Сегежа увеличило амплитуду сезонных колебаний уровня воды и нарушило условия воспроизводства рыб.

Как известно сиговые, обитающие во всех исследованных водоемах, одними из первых реагируют на изменения в ихтиоценозах водоемов и могут служить индикаторами их состояния (Кашулин, Лукин, 1992; Болотова, Зуянова, 1994; Решетников, 1994). В частности об уровне изменений в ихтиоценозах можно судить по величине вылова сигов. В Елмозере на протяжении многих лет сиги занимают около 11% от общего вылова рыбы. В Сегозере до превращения его в водохранилище доля сигов в общих уловах составляла около 8%, а в настоящее время она приближается к 0. Аналогичные изменения наблюдаются в других водоемах Карелии.

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, биологических и экологических особенностях сигов обитающих в водоемах, подвергающихся различному уровню антропогенного воздействия. Сравнительный анализ

результатов исследования сига из различных водоемов при наличии современных компьютерных технологий математического анализа откроет 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. Необходимость данного исследования также обусловлена тем, что изучению сиговых в водоемах средней Карелии в последние годы уделялось мало внимания.

Целью исследования было морфометрическая характеристика сига в водоемах средней Карелии.

Задачи:

- определить систематическое положение исследованных сига;
- дать морфометрическую характеристику экологических форм сига;

Исследование сига в озерно-речных системах средней Карелии проводилось в период с 2001 года по 2009 год. Для сбора ихтиологического материала использовались наборы ставных жилковых сетей с ячеей 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 и русловых зонах, а также в озеровидных расширениях рек. В Сегозере, Линдозере и Елмозере облавливались как прибрежные отмели, так и глубинные участки. Общий объем собранного и обработанного материала составил 241 экземпляр разновозрастного сига, в том числе в Елмозере 39 экз., в Сегозере – 90, в Линдозере – 37, Елме – 50 и в Сегеже – 25 экз. 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 сига 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 микрофотомере. 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 по-иск решения и PriCom (Ивантер, Коросов, 2004; Зворыгин, 2006; Коросов, 2007).

Исследование морфометрических признаков половозрелых сигов из водоемов средней Карелии показало, что они принадлежат к полиморфному виду *Coregonus lavaretus* (Linnaeus, 1758). Подтверждением этого 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 (табл. 1).

Таблица 1.

Меристические признаки исследованных сигов

Названия признаков	Озеро Елмозеро	Озеро Сегозеро	Озеро Линдозеро	Река Елма	Река Сегежа
Число жаберных тычинок	25.8±0.12	27.5±0.13	30.0±0.27	31.2±0.21	25.2±0.12
Чешуй в боковой линии	93.2±0.23	92.3±0.16	90.3±0.28	91.6±0.11	95.4±0.23
Число ветв. лучей в D	11.4±0.12	11.3±0.14	11.0±0.12	11.0±0.12	10.9±0.11
Число ветв. лучей в P	15.1±0.10	14.8±0.13	14.9±0.17	14.9±0.09	15.1±0.14
Число ветв. лучей в V	10.2±0.16	10.3±0.11	10.2±0.11	10.0±0.18	10.2±0.13
Число ветв. лучей в A	13.3±0.10	13.4±0.09	12.2±0.15	13.2±0.12	13.1±0.10

Принадлежность исследованных сигов к полиморфному виду не исключает существования различий в величинах меристических признаков у рыб из разных водоемов. Минимальное число жаберных тычинок (25.2±0.1) и максимальное количество чешуй в боковой линии (95.4±0.2) обнаружено у сигов из реки Сегежа. Эта река отличается глубоководностью, быстрым течением и слабой зарастаемостью. По числу тычинок (25.8±0.1) и количеству чешуй (93.2±0.2) близки к сегежским сиги из озера Елмозеро. Это глубоководный водоем речного типа, слабо подвергающийся антропо-

генному 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).

Возможность влияния условий среды на число 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 ± 0.1 . Соответственно изменился показатель числа чешуй от 90 до 92.3 ± 0.1 . Уже в то время А.Ф. Смирнов отмечал, что при преобразовании Сегозера в водохранилище «условия существования сигов претерпят наибольшие изменения». Предсказывалась также возможность смешения отдельных форм сигов, как это произошло в свое время при образовании Выгозерского водохранилища (Гордеева-Перцева с соавторами, 1959). Влияние условий среды на формирование морфометрических признаков рыб отмечали Н.В. Европейцева (1949), К.И. Татарко (1968), G. Svardson (1970) и другие.

Выявленные различия в величинах меристических показателей и анализ условий обитания 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 известны для многих водоемов бассейнов Белого моря, Онежского и Ладожского озер.

Для морфологической оценки экологических форм сигов могут быть полезными весьма изменчивые пластические признаки, определяющие форму тела рыб, которые многие исследователи считают универсальными для этих целей (Правдин, 1956; Решетников, Лукин, 2006; Svardson, 1970, Szczerbowski, 1970).

И.Ф. Правдин (1954) отмечал, что, наряду с более весомыми меристическими признаками, использование пластических признаков (в виде индексов) позволяет достаточно четко выделить особенности каждой экологической группы. Из комплекса пластических признаков оценивающих форму тела обычно выделяют длину тела AD, по-

стдорсальное расстояние, антедорсальное расстояние, длину головы, диаметр глаза горизонтальный. Показатели плавников могут служить критерием при оценке их функционального значения (табл. 2).

Таблица 2.

Пластические признаки сигов исследованных водоемов

Названия признаков	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
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
Антедорсальное расстояние	43.9±0.47	44.4±0.78	44.3±0.68	43.0±0.87	42.3±0.71
Постдорсальное расстояние	43.9±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 A	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

По линейным размерам (АС) выделяются формы озерных елмозерских (293.8±1.2 мм) и сегозерских (281.9±1.1 мм) сигов, а также сиги из реки Сегежа (247.5±1.1 мм). У других экологических форм сигов линейные размеры сходны (226.2±1.2–227.0±1.2 мм). Если же

рассмотреть отношение АД к АС, то его наименьшая величина свойственна сигам из рек Елма (89.4±0.88%) и Сегежа (91.7±0.89%). У сигов из других исследованных водоемов исследуемые показатели значительно больше (94.2±0.85% – 96.4±0.98%). По индексу антедорсального и постдорсального расстояний выделяются сиги из Елмозера, Сегозера и Линдозера. Вероятно, это обусловлено озерным образом их жизни. Сходство величин признаков у сигов из других водоемов можно отнести к сходным речным условиям.

Для изучения изменений пропорций тела рыб из разных экологических групп был применен метод главных компонент (МГК). Анализировались абсолютные показатели пластических признаков комплекса из 22 вариантов из выборок сигов из исследованных водоемов в возрасте 3+ – 6+.

По распределению особей в пространстве координат двух главных компонент прослеживается некоторое перекрывание исследованных экологических групп (рис. 1). Однако, несмотря на незначительное перекрывание, наличие неоднородности в распределении выборок показывает на существование обособленности 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 (Правдин, 1954; Канеп, 1968; Андреев, Решетников, 1977).

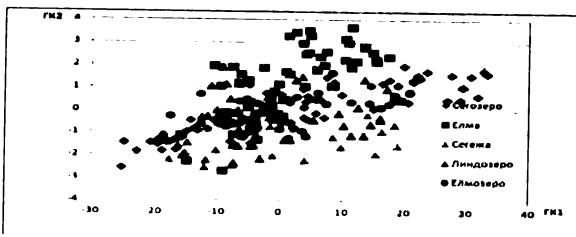


Рис. 1. Распределение особей в пространстве двух главных компонент.

Метод главных компонент позволил выделить сильные зависимости морфометрических признаков друг от друга. Отмечена высокая дисперсная нагрузка первой главной компоненты (58–79%) и факторная нагрузки для АД (0.94–0.98). Это значит, что с увеличением длины тела происходит пропорциональное увеличение показателей большинства признаков.

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.

Выявленные методом главных компонент морфометрические отличия по комплексу пластических признаков сигов из разных водоемов тесно связаны с изменением величины АС и дают основание исследованию признаки разделить на 3 группы:

1) сильно и положительно зависящие ($r > 0.9$) у сигов 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 (ap), диаметр глаза горизонтальный (np), наименьшая высота тела (ik), длина грудного плавника (vx).

Это значит, что при анализе экологических форм (внутривидовой дифференцировке) сигов применение метода главных компонент позволяет, наряду с меристическими признаками, существенно повысить возможности пластических признаков.

Выводы

1. Показана принадлежность сигов из исследованных водоемов средней Карелии к полиморфному виду *Coregonus lavaretus* (Linnaeus, 1758) и дана их морфометрическая характеристика.

2. Выявлено пять экологических форм сигов (елмозерская озерная, сегозерская озерная, линдозерская озерная, елменская речная и сегезская речная), различающихся по морфометрическим показателям и условиям обитания.

3. Методом главных компонент выявлена неоднородность в распределении выборки у различных экологических форм сигов.

4. Выявлены сильные зависимости морфометрических показателей друг от друга и проведено их ранжирование.

Список литературы

- Андреев В.Л., Решетников Ю.С. Исследование внутривидовой и морфологической изменчивости сига *Coregonus lavaretus* (L.) методами многомерного статистического анализа // Вопр. ихтиологии. 1977. Т. 18. Вып. 5. С. 862–878.
- Болотова Н.Л., Зуянова О.В. Сиговые рыбы Вологодской области // Мат-лы V Всес. Совещ.: Биология и биотехника разведения сиговых рыб. СПб.: ГосНИОРХ. 1994. С. 24–28.
- Гордеева-Перцева Л.И., Смирнов А.Ф., Стефановская А.Ф. Озеро Сегозеро // Озера Карелии. Петрозаводск: Гос. изд-во КАССР, 1959. С. 465–481.
- Европейцева Н.В. Морфологические черты постэмбрионального развития сегов // Труды лаборатории основ рыбоводства. Л., 1949. С. 229–249.
- Зворыгин И.А. Статистический анализ лабораторных данных // Новости Вектор-Бест. № 1 (39). 2006. С. 1–11.
- Ивантер Э.В., Коросов А.В. Введение в количественную биологию. Петрозаводск: ПетрГУ, 2004. 302 с.
- Канеп С.В. Анализ изменчивости пластических, меристических и интерьерных признаков сиговых рыб (Coregoninae) // Вопр. ихтиологии. 1976. Т. 16. № 4. С. 610–623.
- Кашулин Н.А., Лукин А.А. Принципы организации регионального ихтиологического мониторинга поверхностных вод // Эколого-географические проблемы Кольского Севера. Апатиты: Кольский НЦ РАН. 1992. С. 74–84.
- Коросов А.В. Специальные методы биометрии. Учебное пособие. Петрозаводск, 2007. 364 с.
- 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. Метод экспертной оценки состояния особи и популяции сиговых рыб // Материалы Пятого Всероссийского Совещания. Санкт-Петербург, 1994. С. 76–78.
- Решетников Ю.С. Атлас пресноводных рыб России. Т. 1. М.: Наука, 2002. С. 143–145
- Решетников Ю.С., Лукин А.А. Современное состояние разнообразия сиговых рыб Онежского озера и проблемы определения их видовой принадлежности // Вопр. ихтиологии. 2006. Т. 46. № 6. С. 732–746.

- Татарко К.И. Влияние температуры на меристические признаки у рыб // *Вопр. ихтиологии*. 1968. С. 425–439.
- Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М., 1959. 162 с.
- Svardson G. Significance of introgression in Coregonid evolution // *Biology of Coregonid fishes*. Winnipeg: Univ. Manitoba Press. 1970. P. 33–59.
- Szczerbowski J.A. Wybranie element biologii siei i ich aspekt gospodarzy // *Zesc. Nauk. WSR. Olczt. Ser. C*. 1970. suppl. 1.