

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Программа фундаментальных исследований
«Биологические ресурсы России: динамика в условиях глобальных
климатических и антропогенных воздействий»
Отделения биологических наук РАН

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БИОРЕСУРСОВ ВНУТРЕННИХ ВОД

В двух томах



Том 1

Москва
Издательство «ПОЛИГРАФ-ПЛУС»
2014

ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕВРОПЕЙСКОЙ РЯПУШКИ В ВОДОЕМАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

И.М. Королева, П.М. Терентьев, Н.А. Кашулин

*Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН, Анатиты, Россия
e-mail: koroleva@inep.ksc.ru*

Адаптивность организма обуславливает существование и сохранение целостности вида в различных условиях жизни, при этом рассмотрение изменчивости вида на всем его ареале позволяет понять общие закономерности изменчивости рыб (Решетников, 1979).

Водоемы Европейского Севера отличаются сравнительно небольшим видовым разнообразием, сем. Coregonidae представлено всего 2 видами – *Coregonus lavaretus* и *C. albula*. Высокая экологическая пластичность привела к образованию множества внутривидовых группировок, эквивалентных виду, освоивших имеющиеся экологические ниши (Решетников, 1966). Часто основой формирования биологического разнообразия является дифференциация по размерам, и знание экологических закономерностей изменчивости роста может способствовать сохранению этого разнообразия (Дгебуадзе, 2001).

В водоемах Кольского п-ва ряпушка – одна из наиболее распространенных и многочисленных рыб. Типичной является мелкая форма средней длины 9–14 см и массой 10–18 г. В водоемах с высоким уровнем трофности может происходить значительное увеличение размерно-весовых показателей, условно названное феноменом «гигантизма» (Королева, 2011). Вдоль южной границы Кольского п-ва встречается крупная форма, называемая рипусом (Ихтиофауна ..., 2005). В сводке Галкина имелись указания о симпатрическом сосуществовании мелкой и крупной форм в Умбозере (Рыбы..., 1966). Вероятно, генетически они не смешиваются и, сохраняя специфические биологические особенности, занимают свою экологическую нишу.

Происходящие изменения в водных экосистемах, связанные со сменой гидрохимического режима (в т.ч. трофического статуса, вызванного эвтрофированием), приводят к ряду структурных перестроек на уровне гидробиоценозов и на популяционном уровне (Кашулин и др., 2011).

Изучение динамики популяционных показателей рыб озер Мурманской области, началось в 1920-е гг. и продолжается до настоящего времени (Крогиус, 1926; Беляева, 1975; Ихтиофауна..., 2005; Кашулин и др., 2013; Лукин и др., 1984; Моисеенко, 1997 и др.). Результаты исследований свидетельствуют, что сиговые рыбы вследствие своей пластичности

быстро и отчетливо реагируют на изменение качества среды динамикой своих биологических параметров.

Целью работы был анализ динамики популяционных характеристик ряпушки, обитающей в водоемах Мурманской области как сохранивших природный гидрохимический режим, так и подвергшихся значительному загрязнению (поступление поллютантов, эвтрофирование). В настоящее время накоплены данные, свидетельствующие о возможности выживания и поддержания высокой численности сиговых рыб в условиях техногенного загрязнения. При этом ответные реакции на действие антропогенных факторов могут быть неоднозначными.

Объекты и методы

Район исследований. Материалом послужили сборы ряпушки, из водоемов беломорского и баренцевоморского бассейнов. Предположительно во всех водоемах пиренгской озерно-речной системы обитает ряпушка, имеющая общее происхождение. Это позволяет на примере исходно однородных популяций проследить многообразие ответных реакций на изменение качества воды.



Рис. 1. Карто-схема района исследований и места сбора проб.

К условно-фоновым были отнесены Ниж. Чалозеро, Чунозеро и в.дхр. Ниж. Пиренга, находящиеся вне прямого воздействия промышленных предприятий (сброс сточных вод). Антропогенное влияние на них складывается из аэротехногенной нагрузки и поступления поллютантов с водосбора. Природное качество вод сохранилось в плесе Бабинская Имандра – г. Кунчаст и г. Молочная. Поступление подогретых

вод Кольской АЭС в г. Молочная приводит к нарушению термического режима на ограниченной акватории и не оказывает заметного влияния на размеры ряпушки. В гораздо большей степени качество воды изменилось в плесах Йокостровская и Большая Имандра. В последнем выделяются два основных источника загрязнения: медно-никелевый комбинат (г. Монче) и апатито-нефелиновая фабрика (г. Белая). Высокие концентрации никеля, меди наблюдаются и в других участках Большой Имандры (губы Кислая и Вите). Для оз. Ковдор источником загрязнения является «Ковдорский ГОК» и хозяйственно-бытовые городские стоки, небольшое по размерам (0.5 км²) оно стало эвтрофным, также наблюдаются высокие концентрации Sr, и Mn (Антропогенные изменения, 2005). Одним из наиболее загрязненных водоемов остается оз. Куэтсьярви, принимающее сточные воды к-та «Печенганикель». (Подробнее: Аннотированный каталог, 2011, 2013; Антропогенная ..., 2002; Антропогенные..., 2005, 2007; Экологический каталог, 2009).

Ихтиологический материал отбирался в летне – осенний период с 1996 по 2013 гг. Гидрохимический анализ воды выполнен аналитической службой лаборатории водных экосистем ИППЭС. Обработка гидробиологических проб проводилась по общепринятым методикам гидробиологического мониторинга (Руководство..., 1992).

Рыбу ловили ставными жаберными сетями с размерами ячеи от 10 до 50 мм. Сетные порядки выставлялись в литоральной и профундальной зонах, на глубине от 2 до 14 м, разноразмерные плавные сети – в пелагиали. Улов обрабатывали принятыми в ихтиологии методами (Правдин, 1966; Методическое пособие..., 1974). Всего обработано более 2000 экз. ряпушки, на питание – 160 желудков.

Результаты

В Мурманской области число крупных озер и водохранилищ, используемых или потенциально пригодных для рыбохозяйственной деятельности, около 900. В прошлом веке промысел велся на Имандре, Пиренгских озерах и Умбозере (97.5% всей добываемой в области рыбы). Полная сводка озер, где обитает европейская ряпушка, отсутствует, известно, что она обычна в водоемах, принадлежащие к водосбору Белого моря (бассейн р. Пиренга, Умбозеро, Ловозеро, Канозеро, Пулозеро. Ковдозеро и др.). Для озер и рек баренцевоморского бассейна известно о наличии ряпушки в бассейне р. Туломы и на Восточном Мурмане. В северо-западной части полуострова в исследованных нами озерах ряпушка имела только в оз. Куэтсьярви, где она появилась вследствие расселения по р. Паз (Пасвик), куда была интродуцирована в 1960-х гг. Температурный режим озер зависит от глубин и условий прогрева водных

масс. Максимальные значения температуры поверхностных слоев (15–25 °С) обычно наблюдаются во второй половине июля. Прозрачность воды значительна, в отдельных озерах до 10 м. Грунты представлены преимущественно зеленовато-буровато-серыми илами, меньшую часть составляют песчаные грунты, до глубины 2–5 м – каменистые грунты. Газовый режим озер во все сезоны года благоприятен для фауны, насыщение воды O_2 в поверхностных слоях высокое, достигает 100%. Активная реакция (рН) воды близка к нейтральной и находится в пределах 6.9–7.5.

Характеристика кормовой базы и состава ихтиоценоза. По степени развития зоопланктона большинство озер относятся к малокармным, общая биомасса $V_{\text{общ}}$ в течение периода открытой воды изменяется от 0.1 до 1.3 $гм^{-3}$. На долю рачкового планктона приходится не более 0.3 $гм^{-3}$, обычно 0.01–0.06 $гм^{-3}$. К среднекармному типу с середины 1990-х гг. относятся плес Йокостровская Имандра и часть плеса Большая Имандра (г. Белая) со средней $V_{\text{общ}}$ 2 и 3.4 $гм^{-3}$, в т.ч. рачкового 0.3 и 1.65 $гм^{-3}$ соответственно. Средне- и в отдельных участках высококармным является оз. Ковдор, где средняя $V_{\text{общ}}$ была свыше 3 $гм^{-3}$, максимальная – 9 $гм^{-3}$. Из ракообразных наиболее ценными в кормовом отношении считаются *Daphnia*, *Bosmina*, *Bythotrephes*, *Heterocope*, *Cyclops*, *Mesocyclops*.

В составе ихтиофауны от 8 до 13 видов, относящихся к арктическому – пресноводному (арктический голец, европейская ряпушка, обыкновенный сиг, налим, корюшка), бореальному предгорному (кумжа, европейский хариус, обыкновенный голянь), бореальному равнинному (щука, ерш, окунь) комплексам. Водохранилища Имандра и Ниж. Пиренга в 1960-х гг. определялись как ряпушково-сиговые с встречающимся озерным голецом. На долю планктонофагов (ряпушка, озерная корюшка) в Имандре приходилось 58%, в Ниж. Пиренге 11%, бентофагов 19% и 24% соответственно, хищников – 21% и 55%. К настоящему времени численность лососевых рыб (кумжа, голец) и сигов заметно снизилась, наблюдается значительное увеличение количества корюшки. Оз. Ловозеро в 1960–1970-х гг. определялось как сигово – окуневый водоем. Оз. Умбозеро относилось к лососево-сиговым водоемам, доля ряпушки составляла 20%, корюшка и карповые отсутствовали. По анализу уловов 2001 – 2008 гг. оз. Чуозеро можно считать сигово-кумужим, оз. Ниж. Чалмозеро – сигово-ряпушковым водоемом, оз. Ковдор является ряпушково-сиговым, доля ряпушки в уловах достигает 99% (Антропогенные..., 2005, 2007).

Биологические характеристики ряпушки. Меристические и пластические признаки. Для имандровской ряпушки количество неветвистых лучей в спинном плавнике изменялось от III до IV,

ветвистых от 7 до 10, чаще – III-9. У ряпушки из оз. Ковдор D III – IV 8–9, чаще III-9. В анальном плавнике у имандровской ряпушки количество неветвистых лучей изменялось от III до IV, ветвистых от 10 до 13, чаще – III-12. Для ловозерской популяции имеются сведения только по формуле спинного и анального плавников – D III 9–10 и A III 11–13 (Рыбы..., 1966). Количество позвонков у имандровской и ковдорской ряпушки варьировало от 53 до 57, в среднем – 55 позвонков. У чунозерской ряпушки (Решетников, 1980) число позвонков в среднем составляло 56.7 (54 -59). Количество жаберных тычинок изменялось от 35 до 45, в среднем 37 (в вдхр. Имандра) и 42 (в оз. Ковдор) тычинки. Число чешуй в боковой линии *ll* – от 60 до 83, в среднем – 73. Антедорсальное расстояние – 41% (37–45%) длины тела по Смитту, вентроанальное расстояние составляет 47% антедорсального, (меньше 60%). Наибольшая высота тела 16.1% от АС, наименьшая – 5.8%. Меристические и пластические признаки в пределах, свойственных данному виду.

Возрастная структура. Продолжительность жизни по нашим наблюдениям в олиготрофных водоемах обычно не превышает четырех лет, доля старшевозрастных рыб (3+) не более 6%, единично 4+ и 5+. Основу уловов составляли двухлетки. В мезотрофных озерах продолжительность жизни увеличивалась до шести лет, в уловах возрастные классы представлены более равномерно, доля шестилетних рыб не превышала 10% (рис. 2). Самки отличались большей продолжительностью жизни, среди пяти – шестилетних особей на них приходилось 90%.



Рис. 2. Возрастная структура стад ряпушки в водоемах Мурманской области.

Размерно-весовые показатели закономерно увеличивались с повышением трофности, в условно-фоновых озерах с малым содержанием биогенов и низкими показателями биомассы кормовых организмов средняя масса ряпушки варьировала в пределах 6–8 г, длина по Смитту – 9.6–11 см. В мезотрофных водоемах (участках) средняя навеска варьировала от 12 до 17 г, длина от 11.4 до 13 см. В условиях токсичности среды (влияние медно-никелевых стоков – г. Монче, вдхр. Имандра; оз. Куэтъярви) размеры были близки к таковым у рыб из олиготрофных озер. В эвтрофном оз. Ковдор в зависимости от температурных условий средняя навеска колебалась от 38 до 90 г, за весь период наблюдений составила 60 г при длине 18 см (рис. 3).

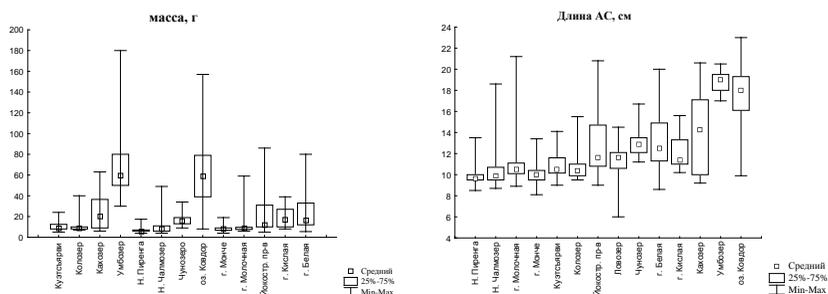


Рис. 3. Распределение массы и длины ряпушки в водоемах Мурманской области.

Сроки наступления половозрелости для мелкой формы ряпушки в озерах Мурманской области сходны с таковыми в озерных системах Карелии. Как правило, это происходит на втором году жизни. Размерно-весовые показатели впервые нерестующей ряпушки мало- и среднекормных озер различались незначительно. В Имандре средние длина и масса соответственно равнялись 8–9 г и 10 см, в Чуозере – 11.7 г и 11.3 см, в Умбозере- 6–7 г и 9–10 см. В оз. Ковдор ряпушки созревали также на втором году при массе 18 г и длине АС 12.0 см.

Абсолютная индивидуальная плодовитость в вдхр. Имандра в среднем составила 1100 икринок (583–2600). В оз. Ковдор она колебалась от 2570 до 14218 икринок, в среднем составляя 6870, относительная от 37 до 146, в среднем 80 икринок (Антропогенные..., 2005). Абсолютная плодовитость у мелкой ряпушки Умбозера в среднем 2 тыс. икринок, у крупной 6.5–7 тыс. икринок (Рыбы..., 1966).

Ход ряпушки на нерест может начинаться с конца сентября при температуре воды от +2 до +5 °С. Обычно в икрометании участвует более

90% рыб, тем не менее, даже в оптимальных условиях, при достаточной кормовой базе и высоких показателях жиронакопления (оз. Ковдор) были случаи поимки особей в возрасте 2+ и 3+, имевших гонады во второй стадии зрелости и не принимавшие участия в воспроизводстве.

Питание ряпушки. В оз. Ковдор основу питания в 2001–2004 гг. составляли зоопланктеры – ветвистоусые рачки *Bosmina obtusirostris* и *Daphnia cristata*, единично отмечались икра ряпушки и водные клопы. В 2008 г. ряпушка питалась преимущественно веслоногими рачками – *Cyclops sp.* (более 80% желудков), также в желудках встречались кладоцеры и зообентосные организмы: личинки хирономид, стрекоз и двусторчатые моллюски (*Pisidium sp.*). Общий индекс наполнения варьировал от 5.1 до 14.9‰.

В составе кормовых объектов ряпушки в Имандре (2012 – 2013 гг.) определено 18 таксономических групп. В Йокостровской Имандре и в г. Белой (Большая Имандра) по частоте встречаемости лидировали личинки комаров – звонцов, они присутствовали в половине всех просмотренных желудков. С учетом массовой доли наибольшую роль в питании в Йокостровской Имандре в 2012 г. играли насекомые: личинки комаров и имаго веснянок, в 2013 г. – веснянки. Собственно зоопланктонные организмы чаще встречались у сеголетков из Йокостровской Имандры, в их желудках в значительном количестве присутствовали босмины (до 500 организмов в 1 желудке). Общий индекс наполнения был равен 37‰ (7.6–137). В г. Белой спектр питания был более широким и включал 17 групп против 5 в Йокостровской Имандре. Среди них отмечены битотрефесы, циклопы, гаммарусы и редко встречающиеся в числе объектов питания круглые черви, пиявки, малощетинковые черви. Здесь же ряпушка включала в свой рацион моллюсков (сем. Valvatidae, сем. Pisidiidae). Основу питания (по массовой доле) составляли насекомые – личинки поденок, имаго веснянок. Общий индекс наполнения был равен 47‰ (5.7–148). В оз. Куэтъярви в желудках присутствовали только личинки комаров-звонцов, единично найдена куколка листоблошки. Общий индекс наполнения был равен 53‰ (53–86).

Обсуждение

Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что в пресноводных водоемах Мурманской области в основном обитает мелкая форма европейской ряпушки с длиной 10–12 см и средней массой 10–18 г.

Изменение качества воды было результатом действия множества факторов, среди которых основными являются загрязнение и эвтрофирование. В условиях Субарктики повышение трофности является результатом поступления производственных и/или хозяйственно-бытовых сточных

вод с высоким содержанием биогенов, прежде всего фосфора. В оз. Ковдор хроническое долговременное поступление биогенов запустило процесс мощного антропогенного эвтрофирования, следствием чего стало включение механизмов гомеостаза, направленных на утилизацию первичной продукции. Увеличение биопродуктивности водоема проявилось в повышенных структурных и функциональных показателях фито- и зоопланктона, высокой численности и крупноразмерности ковдорской ряпушки. Создалась возможность реализации генетически обусловленных максимальных для данной формы размеров и высокой плодовитости, что в сочетании с низким прессом хищников привело к высоким значениям ихтиопродукции. В условиях повышенной трофии появилась возможность создания энергетических запасов, достаточных для активного соматического и генеративного роста, ежегодного нереста и детоксикации поступающих в организм загрязняющих веществ.

Сопоставимым по размерно-весовым показателям с ковдозерской ряпушкой являлись умбозерское стадо и локальное стадо в г. Белой (вдхр. Имандра). При повышении уровня трофности в г. Белая в начале 1990-х гг. сформировалось локальное стадо с более крупными размерами – средней массой 17 г, максимальной до 80 г. (Королева, 2010). Для оз. Умбозера в 1960-х гг. отмечалось наличие двух экологических форм ряпушки. В северных районах озера обитала мелкая, тугорослая форма, достигавшая в трехлетнем возрасте длины 15 см и массы 30 г. В южном плесе, имеющем более благоприятные кормовые (средняя величина биомассы летнего планктона 0.5 г/м^3) и температурные условия, рыбы были крупнее достигали длины 20 см и массы до 130 г (Рыбы..., 1966). В начале 1980-х гг. в южной части озера по-прежнему сохранялось стадо быстрорастущей крупной ряпушки со средней массой 64 г и длиной 19 см. В возрастной структуре насчитывалось 5 групп (Моисеенко, 1983).

Имандровская ряпушка на большей части акватории имела мелкие размеры, созревала в возрасте 1+, массовое вступление в нерестовое стадо происходило в возрасте 3+. Наибольший% незрелых особей отмечался в значительно загрязненных районах Большой Имандры и северной части Йокостровской Имандры. Таким образом, в техногенно измененных условиях при низкой кормовой базе выживание ряпушки происходило по пути замедления темпов роста, запаздывания созревания и пропусков нереста (Моисеенко, 1983). Стимулирующее действие умеренного эвтрофирования может сдерживаться токсичностью среды, как это наблюдается в г. Монче (вдхр. Имандра) и озере Ковдор.

Таким образом, показано, что возрастная, размерно-весовая структура популяции в целом, темпы роста являются наиболее показательными характеристиками, определяющими условия существования вида в

водоеме, и служащими надёжным интегральным параметром ответа организма на изменение окружающей среды.

Список литературы

- Аннотированные экологический каталог озер Мурманской области (Восточная часть. Бассейн Белого моря) // под ред. Н.А. Кашулина. В 2 ч. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2011. – Ч. 1–235 с., Ч. 2–231 с.
- Аннотированный экологический каталог озер Мурманской области: центральный и юго-западный районы Мурманской области // под ред. Н.А. Кашулина. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2013. В 2 ч. Ч. 1 -222 с.
- Антропогенные изменения лотических экосистем Мурманской области. 2005. Часть 1: Ковдорский район // под ред. Н.А. Кашулина. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 234 с.
- Антропогенные изменения лотических экосистем Мурманской области. Часть 2: Озерно-речная система реки Чуна в условиях аэротехногенного загрязнения // под ред. Н.А. Кашулина. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 2007. 238 с.
- Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра. 2002. М.: Наука. 403 с.
- Беляева Г.В.* Основные промысловые рыбы озера Имандра и распределение их в водоеме // Тр. ГосНИОРХ. 1975. № 14. С. 42–49.
- Дгебуадзе Ю.Ю.* Экологические закономерности изменчивости роста рыб. – М.: Наука, 2001. 276 с.
- Ихтиофауна малых рек и озер Восточного Мурмана. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. 264 с.
- Кашулин Н.А., Даувальтер В.А., Сандимиров С.С., Терентьев П.М., Денисов Д.Б.* Влияние цветной металлургии на состояние субарктических пресноводных экосистем // Цветные металлы, 2011. № 11. С. 71–75.
- Королева И.М.* Ряпушка озера Имандра // Сб. докл. III Всероссийской науч. конф. с междун. участием. Экологические проблемы северных регионов и пути их решения. Ч. I. 2010. С. 189–193.
- Королева И.М.* Особенности биологии ряпушки в условиях эвтрофирования // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем II. СПб.: ИНОЗ РАН, 2011. С. 225–232.
- Крогиус Ф.В.* Ихтиологические работы на озере Имандра // Работы Мурманской биологической станции. Т.2. 1926. С. 150–152.
- Лукин А.А., Моисеенко Т.И., Кашулин Н.А.* Изменение некоторых показателей ряпушки как реакция на меняющиеся условия обитания // В сб. Мониторинг природной среды Севера. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1984. С. 58–62.

- Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. 1974. М.: Наука, 256 с.
- Моисеенко Т.И.* влияние на рыб загрязнения субарктического водоема (на примере озера Имандра) // Дисс. на соиск. учен. степени канд. биол. наук., Л., ГосНИОРХ, 1983. 228 с.
- Моисеенко Т.И.* Теоретические основы нормирования антропогенных нагрузок на водоемы Субарктики. Апатиты, Изд. КНЦ РАН. 1997. 261 с.
- Решетников Ю.С.* Особенности роста и созревания сигов в водоёмах Севера // Закономерности динамики численности рыб Белого моря и его бассейна. М.: Наука, 1966. С. 93–155.
- Решетников Ю.С.* Сиговые рыбы в северных экосистемах // Вопр. ихтиологии. 1979. Т. 19, №. 3. С. 419–433.
- Решетников Ю.С.* Экология и систематика сиговых рыб. М.: Наука, 1980. 301 с.
- Рыбы Мурманской области. Мурманск, Мурманское книжное издательство. 1966. 334 с.
- Экологический каталог озер Мурманской области. Северо-западная часть Мурманской области и приграничные территории сопредельных стран: в 2 ч. // Под ред. Н.А. Кашулина. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2009. Ч. 1. 226 с., Ч. 2. 262 с.
-
-