

На правах рукописи
УДК 597-151.26:639.2.053.3

Долгих Мария Георгиевна

**Влияние факторов среды на выживаемость малоразмерных рыб,
травмированных сетными орудиями лова**

Специальность 03.02.08 – Экология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Борок – 2012

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (ИБВВ РАН)

- Научный руководитель: доктор биологических наук
Герасимов Юрий Викторович
- Официальные оппоненты: **Новоселов Александр Павлович**
доктор биологических наук, Северный филиал
ФГУП "ПИНРО", ведущий научный сотрудник
- Изьомов Юрий Глебович**
кандидат биологических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, заведующий лабораторией
- Ведущая организация: Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Калининградский государственный технический университет» (КГТУ)

Защита состоится 19 апреля 2012 г. в 10-00 часов на заседании диссертационного совета ДМ 002.036.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН по адресу: 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок, тел./факс (48547) 24042, e-mail: dissovet@ibiw.yaroslavl.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институте биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, с авторефератом – в сети Интернет на сайте ВАК РФ и ИБВВ РАН по адресу: <http://www.ibiw.ru>.

Автореферат разослан «___» марта 2012 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор биологических наук



Л.Г. Корнева

Актуальность темы. Регулирование численности популяций животных в естественных условиях – одна из фундаментальных проблем биологии. Значительно усложняет данную проблему фактор антропогенного воздействия, и в первую очередь, промысловая эксплуатация популяции, поскольку динамика её численности рассматривается как результат взаимодействия ряда сложных, зависящих от множества факторов среды, процессов: формирования пополнения промысловой части популяции, скорости роста и созревания, убыли от промысла и естественной смертности.

В настоящее время ихтиологические исследования сосредоточены в основном на изучении динамики численности отдельных популяций наиболее важных промысловых рыб. Однако такой важный аспект экологии, как взаимодействие подверженных промысловой эксплуатации популяций рыб с другими элементами экосистемы исследуется в меньшей степени. Одним из таких аспектов является проблема выживания молоди промысловых рыб, попадающей в зону действия промыслового сетного орудия лова (ставная сеть, невод, трал и т.д.). В процессе лова рыбы промысловых размеров отцеживаются сетным полотном и составляют улов, а рыбы непромысловых размеров проходят сквозь ячею и возвращаются в среду обитания.

Однако прохождение рыб через ячею сопровождается их тесным контактом с сетным полотном, что становится причиной разного рода травм. Это приводит к повышенной элиминации поврежденных особей, которая при интенсивном промысле может достигать значительных размеров, сравнимых по масштабам с убылью особей в результате вылова (Suuronen et al., 1996; Ingolfsson et al., 2002; Pikitch et al., 2002).

Часть рыб гибнет сразу после получения травм, несовместимых с жизнью. Другие погибают через некоторое время, из-за снижения резистентности к инфекционным и инвазионным болезням, так как полученные раны служат местом проникновения болезнетворных организмов – бактерий, вирусов и грибов. Определенное число особей, в том числе и получившие минимальные повреждения, интенсивно выедаются хищниками, поскольку даже незначительные травмы чешуйного покрова оказывают негативное влияние на плавательную способность и нарушают защитную окраску рыб, что делает их более заметными и доступными для хищников.

Осознание масштабов элиминации непромысловых частей популяции после прохождения рыб сквозь ячею промысловых орудий лова привело к появлению множества публикаций, посвященных данной проблеме (Suuronen, Millar, 1992; Sangster, Lehmann, 1993; Smith, 1993; Soldal et al., 1993; Suuronen, 1995; Sangster et al., 1996; Карпенко и др., 1998; Misund and Beltestad, 2000; Matsuoka, 2001; Soldal et al., 2001;

Suuronen et al., 2002; Pikitch et al., 2002 и др.). В подавляющем большинстве работ данная проблема изучалась в связи с конструктивными особенностями орудий лова. Значительно реже авторы исследовали дальнейшую судьбу рыб, прошедших сквозь ячею, причем в основном отмечали лишь простые поведенческие акты (уход на дно или подъем к поверхности), либо регистрировали динамику гибели рыб при длительном содержании в садках вне зависимости от степени травмирования. При этом практически отсутствуют работы, посвященные выживанию травмированных рыб под влиянием факторов, способствующих повышенной элиминации этих особей в естественной среде, таких как заселение болезнетворными организмами, увеличение доступности хищникам и воздействие течения.

Изучение выживаемости малоразмерной части облавливаемой популяции рыб представляется чрезвычайно важным, как с точки зрения формирования пополнения популяций, подверженных промысловой эксплуатации, так и в плане взаимодействия этих популяций с другими элементами экосистемы.

Цель и задачи исследования. Цель настоящего исследования – оценка выживаемости рыб непромыслового размера после прохождения их через сетное полотно активных и пассивных орудий лова, выяснение влияния на их выживаемость таких факторов среды, как хищники, наличие течения и воздействие болезнетворных организмов.

Для реализации данной цели потребовалось решить следующие задачи:

- 1) разработать методики моделирования воздействий орудий лова на рыб и определения степени их травматизма в лабораторных и полевых условиях;
- 2) выявить и описать основные виды травм, получаемых рыбами при прохождении через сетное полотно в лабораторных условиях и в условиях реального тралового промысла;
- 3) изучить механизм получения повреждений и описать основные факторы, влияющие на степень травматизма рыб при механическом воздействии сетевого полотна в лабораторных условиях;
- 4) изучить влияние травм, получаемых рыбами при прохождении сквозь сетное полотно, на их функциональные и поведенческие показатели (устойчивость к болезнетворным организмам, реакцию на хищника и плавательную способность);
- 5) оценить влияние посттравматической элиминации малоразмерной части популяции на численность её пополнения.

Научная новизна. Впервые показано, что травмирование рыб непромысловых размеров, происходящее в результате их контакта с сетным полотном орудия лова, не является прямой причиной гибели большей части этих особей. Только часть рыб гибнет сразу после контакта с сетным полотном при получении травм, несовместимых с жизнью. Остальные погибают в результате снижения их резистентности к воздействию болезнетворных организмов и хищников.

Установлено, что степень воздействия (тяжесть травм) зависит от типа орудия лова, плотности рыбных скоплений, характеристик внешних покровов и формы тела облавливаемых видов рыб.

Впервые произведен анализ последствий получения рыбами различного типа травм в ходе посттравматического содержания, выявлены типы травм, приводящих к быстрой гибели рыб или к отсроченной смертности в результате воздействия болезнетворных организмов и хищников.

Показано, что травмирование ведет к ухудшению плавательной способности, ослаблению реакции травмированных рыб на присутствие хищника и изменению поведения, что приводит к увеличению их заметности и доступности для хищника и, соответственно, к ускоренному выеданию.

Произведена оценка возможного влияния травмирования молоди рыб на численность пополнения облавливаемой популяции

Практическая значимость работы. Материалы, полученные в работе, могут быть использованы для прогнозирования и расчета смертности молоди рыб различных таксономических групп в условиях интенсивного промысла; для уточнения сроков и районов промысла в случае, когда места ведения промысла совпадают с местобитаниями рыб непромыслового размера или ценных и редких видов; при разработке природоохранных мероприятий, а также для уточнения степени влияния пресса рыболовства на рыбную часть сообщества.

Положения, выносимые на защиту.

1. Механическое воздействие сетевого полотна на рыб непромыслового размера не является основной причиной их гибели, большая часть особей погибает в результате снижения их резистентности к воздействию болезнетворных организмов и хищников вследствие ухудшения плавательной способности и криптических свойств внешних покровов.
2. Степень воздействия орудия лова на непромысловую часть популяций зависит от типа орудия лова и характеристик сетевого полотна. Активные орудия лова и сетное полотно из более тонкой нити чаще наносят повреждения, приводящие к быстрой ги-

бели рыб, в то время как воздействие пассивных орудий лова и полотна из более толстой нити чаще приводит к отсроченной смертности.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертации были доложены и обсуждались на ежегодной научной конференции международной комиссии по исследованию моря (ICES) (Хельсинки, 2007), IV Всероссийской конференции по поведению животных (Москва, 2007), международной научно-практической конференции «Проблемы изучения, сохранения и восстановления водных биологических ресурсов в XXI веке» (Астрахань, 2007), научной конференции «Инновации в науке и образовании – 2007» (Калининград, 2007).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 работ, в том числе 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Состав и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов и списка литературы, включающего 40 ссылок на русском и 23 – на иностранных языках. В работе содержится 14 таблиц и 78 иллюстрации. Общий объем рукописи – 110 страниц машинописного текста.

Глава 1. Обзор литературы.

Приведены сведения об истории изучения проблемы выживаемости малоразмерной части популяции рыб в местах ведения промысла. Дан обзор факторов, приводящих к получению разного рода травм. Представлены материалы по экспериментальным исследованиям поведения рыб в зоне действия орудий лова, механизмам прохождения рыбы сквозь ячею, современным селективным устройствам, рассмотрены варианты классификации повреждений.

Глава 2. Материал и методы.

Исследования по теме диссертации выполнялись в лабораторных и полевых условиях. Объем исследованного материала представлен в таблицах 1 и 2.

Методика экспериментального травмирования рыб. Рыб для экспериментов отлавливали неводом. После вылова рыб помещали в бассейн длиной 11 м, шириной 3 м и глубиной 1.2 м, в котором проходила их адаптация в течение 7–10 суток, при этом отбраковывались рыбы, травмированные при отлове. До эксперимента все отловленные и прошедшие адаптацию рыбы содержались в бассейне совместно.

При проведении эксперимента вдоль бассейна при помощи лебедки перемещали раму с натянутой на нее делью с разным размером ячеи. К раме прикрепляли дель с последовательно увеличивавшимся размером ячеи. По мере перемещения рамы часть рыбы проходила через ячею, часть объеивалась, а особи, максимальный об-

хват тела которых превышал размер ячеи, скапливались в пространстве между рамой и стенкой бассейна. Рыбу, прошедшую через ячею, отлавливали, помещали в аквариум с проточной водой и в дальнейшем использовали для оценки выживаемости и поведенческих тестов. Объячеившуюся рыбу высвобождали из сети и больше не использовали в опытах. Затем на раме закрепляли дель с ячеей большего размера, и эксперимент повторялся.

Таблица 1. Число рыб, обследованных на предмет степени травмирования в экспериментальных и полевых условиях

Вид	Число обследованных особей			Всего
	эксперименты по прохождению сетного полотна		полевые исследования	
	траловая дель	жаберная сеть		
Плотва (<i>Rutilus rutilus</i> (L.))	234	284	366	884
Уклея (<i>Alburnus alburnus</i> (L.))	57	18	40	115
Лещ (<i>Abramis brama</i> (L.))	164	359	363	886
Синец (<i>Abramis ballerus</i> (L.))	46	6	91	145
Окунь (<i>Perca fluviatilis</i> L.)	185	225	261	671
Тюлька (<i>Clupeonella cultriventris</i> (Nordmann))	–	–	1300	1300
Другие виды	10	28	63	101

Таблица 2. Число рыб, использованных в экспериментах по оценке плавательной способности и уязвимости для хищника

Вид	Исследования плавательной способности	Эксперименты с хищником
Плотва (<i>Rutilus rutilus</i> (L.))	27	328
Уклея (<i>Alburnus alburnus</i> (L.))	13	–
Лещ (<i>Abramis brama</i> (L.))	28	416
Синец (<i>Abramis ballerus</i> (L.))	3	–

Кроме того, в экспериментах с жаберной сетью применяли неподвижную раму, которую устанавливали в бассейне на срок 2–3 часа, в зависимости от активности рыб в бассейне. В начале эксперимента все особи находились с одной стороны перегородки. После экспозиции рыб, прошедших через ячею во вторую половину бассейна, отлавливали и помещали в аквариум с проточной водой для последующего тестирова-

ния. Объячеившуюся рыбу высвобождали из сети и в эксперименте больше не использовали.

Особей, которые отказывались проходить сквозь ячейу (т.е. в течение эксперимента не имели физического контакта с делью), отлавливали, помещали в аквариум с проточной водой и использовали в качестве контроля, т.е. исследовали влияние на их выживание отлова из естественной среды и манипулирования при проведении экспериментов.

Всего было проведено 30 экспериментов в шести сериях: по 3 серии с траловой делью (шаг ячейи 12, 18, 24, 28 и 35 мм) и сетной делью (шаг ячейи 12, 18, 24, 28 и 30 мм).

Методика определения степени травмирования. У всех рыб, прошедших сквозь ячейу, измеряли длину, максимальную высоту тела, максимальный обхват тела и определяли уровень травмирования. Отмечали степень потери чешуи, регистрировали травмы: кровоподтеки, небольшие повреждения кожи (потертости, царапины и пр.) и разного рода раны. Оценка травмированности проводилась по следующей схеме:

1. Определение степени потери чешуи. Сначала степень потери чешуи оценивали отдельно для левой и правой сторон рыбы в баллах: 1 балл – потеря чешуи на 0–10% площади тела, 2 балла – на 10–30%, 3 балла – на 30–50%, 4 балла – на 50–70%, 5 баллов – на 70–100%. Далее вычисляли средний балл потери чешуи для всей рыбы в целом.

2. Подсчет числа кровоподтеков и следов, оставленных нитями сетного полотна, без нарушения целостности кожного покрова.

3. При подсчете числа незначительных повреждений кожного покрова (потертости, царапины) вводился коэффициент 1.5.

4. При подсчете количества ран, таких как глубокие проникающие раны и разрывы жаберной крышки, вводился коэффициент 3.

5. Баллы, полученные при выполнении этапов 1–4, суммировали.

Тестирование выживаемости рыб с различной степенью травмирования. После вышеописанной процедуры часть рыб отсаживали в проточные аквариумы с принудительной аэрацией, в которых сравнивали их выживаемость при разной степени травмирования. Несколько раз в день рыб в аквариумах осматривали (без извлечения из воды), при этом анализировали процесс изменения их состояния и динамику развития негативных процессов (некроз тканей, развитие сапролегнии и т.д.).

Тестирование плавательной способности. Тестирование проводили с помощью специальной гидродинамической установки. Рыб помещали в экспериментальную камеру и после 5-минутной адаптации подвергали воздействию течения, которое создавалось электромотором, снабженным винтом. Максимальная скорость течения, развиваемая установкой, достигала 1.2 м/с. Всего было проведено 25 опытов по сравнению плавательной способности травмированных и не травмированных рыб.

Сравнение интенсивности выедания хищником рыб с различной степенью травмирования. Среди рыб, выловленных неводом и травмированных в бассейне, было трудно подобрать одновидовые и одноразмерные группы. Поэтому, чтобы исключить эффект размерной и видовой селективности хищника, в экспериментах использовались заранее отловленные и акклиматизированные в аквариуме одноразмерные сеголетки леща и плотвы. У них с помощью капроновой нити вдоль боковой линии удаляли 10% чешуи (слабо поврежденная группа) и 70% (сильно поврежденная), контрольными были не травмированные особи. Из этих особей формировали смешанные группы (5 сильно и 5 слабо поврежденных рыб), которых запускали в бассейн (объемом 2 м³) к хищнику – либо сразу после процедуры травмирования, либо после трехдневного содержания в отдельном аквариуме. В качестве хищников использовали щук и окуней (по два на бассейн, одновидовыми или смешанными парами). Размеры хищников подбирались в соответствии с размерами жертв. В ходе эксперимента травмированную молодежь периодически пересчитывали, а сразу же после выедания 50% особей, оставшихся рыб отлавливали и анализировали степень их травмирования.

Полевые исследования. Для изучения травматизма рыб при траловом промысле, на Рыбинском водохранилище проводили отлов рыбы пелагическим тралом с экспедиционного судна ИБВВ РАН. Трал был снабжен сменной мотенной частью (с разной ячейей) и сетным мелкоячейным уловителем для рыб, которые проходили сквозь ячейю мотенной части (рис. 1) (длина трала 25 м, горизонтальное раскрытие 12 м, вертикальное – 1.5 м; шаг ячейи в кутке трала 10 мм, в рыбоуловителе – 6 мм).

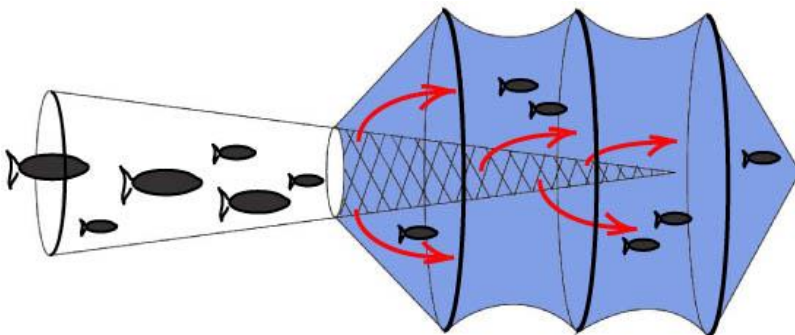


Рис. 1. Схема работы рыбоуловителя

Всего было проведено 14 тралений (по 15 минут каждое) в разных районах Рыбинского водохранилища. Рыб, взятых из кутка трала и из рыбоуловителя, анализировали отдельно. Часть

наименее травмированных особей из рыбоуловителя отбирали для определения их устойчивости к воздействию хищника в условиях аквариума.

Эксперименты проводились в аквариумах непосредственно на судне. В опытах использовали уклею, леща, синца и плотву. Исследовали только рыб с травмами наружных покровов и без заметных отклонений в поведении. При анализе результатов травмированных рыб разделяли по степени повреждения чешуйного покрова по следующей схеме: 4 балла – потеряно более 70% чешуи; 3 – более 50% , 2 – более 30%, 1 – менее 30% чешуи. В качестве хищника использовался окунь.

Для изучения зависимости степени травмирования рыб, выходящих из трала, от плотности облавливаемых скоплений были проведены работы на одновидовых скоплениях тюльки, в которых доля других видов не превышала 1%. Облавливаемые скопления существенно различались по плотности и структуре. Всего было обнаружено четыре типа скоплений: три скопления с равномерным распределением рыб и разной средней плотностью (31 ± 11 экз./1000 м³, 62 ± 21 экз./1000 м³, 138 ± 33 экз./1000 м³) и одно скопление с агрегированным распределением рыб со средней плотностью 68 ± 32 экз./1000 м³, но состоящее из отдельных стай.

Глава 3. Травмирование рыб при прохождении ячеи орудий лова в лабораторных экспериментах .

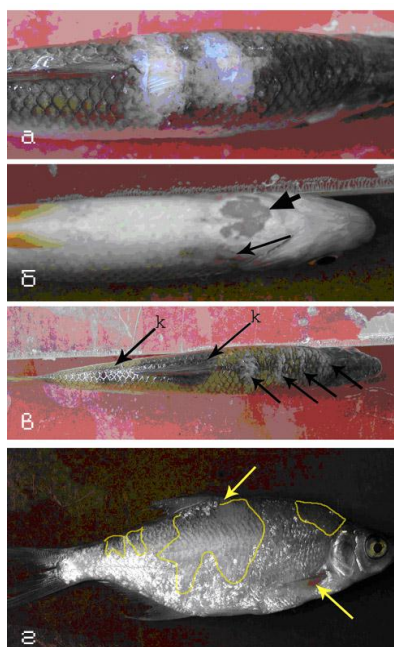


Рис. 2. Типы травм, получаемых рыбой при прохождении ячеи орудий лова: а – содранная кожа, б – гематомы и содранная кожа на вентральной стороне, в – кровоподтеки и следы от нити, г – потеря чешуи и гематомы.

В данной главе рассматривается травмирование рыб при прохождении сквозь дель, закрепленную на неподвижной раме (имитация ставных сетей) или на раме, передвигаемой со скоростью до 5 см/с (имитация неводного лова). Травмы, возникающие в результате контакта рыб с сетным полотном, были достаточно разнообразными как в качественном, так и в количественном плане, но в основном проявлялись в потере чешуи. Кроме того, встречались кровоподтеки; повреждения плавников; разного рода следы, оставленные нитью (потертости, вмятины, царапины); разрывы жаберных крышек и раны различной степени тяжести (рис. 2).

Степень травматизма у всех видов рыб зависела от скорости перемещения рамы с натянутым

сетным полотном ($r = 0,89$ при $p < 0,01$). При прочих равных условиях (тип дели, размер ячеек, вид рыбы и т.д.) степень травмирования рыб увеличивалась с увеличением скорости передвижения рамы.

Оба типа сетного полотна наносили сходные травмы, но в случае жаберной сети (при прочих равных условиях) степень травматизма была выше, чем при использовании траловой дели. Анализ различий в степени травмирования при использовании разных типов сетного полотна с помощью знакового рангового критерия Вилкоксона подтвердил достоверность выявленных различий ($p = 0,002$). Подобные различия степени травмирования в зависимости от типа сетного полотна сохранялись при всех размерах ячеек (табл. 3). Повреждения кожного покрова и гематомы также чаще встречались у рыб, отсеянных жаберной сетью, чем у рыб, прошедших через траловую дель. В случае глубоких ран столь же четкой зависимости встречаемости повреждений от типа сетного полотна не наблюдалось.

Таблица 3. Средняя степень травмирования рыб (в баллах) для каждого типа сетного полотна

Тип сетного полотна	Шаг ячеек, мм	18 мм	24 мм	28 мм	35 мм	Среднее значение
Траловая дель	среднее	2,2	2,2	3,1	3,3	2,7
	максимум	11,5	9,0	13,5	11,5	11,4
	минимум	0,0	0,5	0,0	0,0	0,1
	ст. отклонение	1,80	1,66	2,60	2,45	2,1
	ст. ошибка	0,13	0,23	0,31	0,26	0,20
	Шаг ячеек, мм	18 мм	24 мм	28 мм	30 мм	Среднее значение
Жаберная сеть	среднее	5,2	4,5	5,0	5,1	5,0
	максимум	11,5	14,0	16,0	17,5	14,8
	минимум	0,5	0,0	0,0	0,0	0,1
	ст. отклонение	2,55	2,68	3,25	4,07	3,1
	ст. ошибка	0,35	0,24	0,35	0,66	0,40

В табл. 4 приведены данные по травмированию рыб. В случае прохождения траловой дели число рыб с потерей чешуи до 50% площади поверхности тела составляло от 92 до 100%. Основная часть рыб (от 64 до 100%) теряла не более 10% чешуйного покрова, а доля рыб, утративших 30–50% чешуи, не превышала 5%.

При прохождении через жаберную сеть доля рыб с потерей чешуи составляла 60–97% общего числа особей, т.е. была практически такой же, как и при воздействии траловой дели. Однако при этом доля рыб с повреждением чешуи от 30 до 50% поверхности тела оказалась выше и составила в среднем 20%.

Степень травмирования рыб при прохождении через ячею орудия лова определяется не только признаками, которые присущи самому орудию лова, но и признаками, характеризующими объект лова. В первую очередь это плотность чешуйного покрова, а также форма и диаметр поперечного сечения в области максимальной высоты тела (максимальный обхват тела). Плотность чешуйного покрова имеет выраженную видоспецифичность. В.Д. Бурдак (1979) разработала схему, позволяющую сравнивать защитные функции чешуйного покрова у разных видов рыб, которая основана на определении степени налегания чешуй друг на друга (K_s – отношение площади открытой части чешуи к её общей площади). В наших исследованиях наибольшие повреждения при воздействии обоими типами сетного полотна обнаружены у тюльки и уклей. Это пелагические виды, имеющие самый высокий коэффициент K_s (табл. 5), означающий минимальную степень налегания чешуй друг на друга, и, следовательно и наименее плотный чешуйный покров.

Таблица 4. Доля особей (%) разных видов рыб, получивших различные виды повреждений при прохождении через ячею сетного полотна

Вид	Тип сетного полотна	Потеря до 50% чешуйного покрова	Повреждения	Кровоподтеки	Раны
Уклея	траловая дель	100	55	55	2
	жаберная сеть	60	60	80	0
Плотва	траловая дель	98	24	29	3
	жаберная сеть	96	54	89	6
Лещ	траловая дель	92	16	60	1
	жаберная сеть	97	40	98	0
Среднее	траловая дель	97	32	48	2
	жаберная сеть	84	51	89	2

Таблица 5. Степень травмирования чешуйного покрова при прохождении ячеи у разных видов рыб в зависимости от плотности чешуйного покрова (K_s по Бурдак, 1979)

Виды рыб	Значение K_s	Степень потери чешуи, %
Тюлька	0,48	91
Уклея	0,45	78
Синец	0,41	61
Лещ	0,30	56
Плотва	0,28	36
Окунь	0,17	0

Минимальные повреждения при прохождении ячеи сетного и тралового полотна получала плотва, которая отличается наиболее плотным чешуйным покровом среди трех представленных видов карповых. Окунь, обладающий самыми жесткими покровами, образованными ктеноидной чешуей, практически не имел видимых повреждений чешуйного покрова.

При проведении экспериментов у такого высокотелого вида, как лещ, степень повреждения была существенно выше, чем у низкотелой плотвы (табл. 5), хотя различия в коэффициенте K_s были незначительны. Связь уровня травматизма и формы тела, в первую очередь, высоты тела, объясняется разницей в расстоянии "n", которое является кратчайшим расстоянием между точками на дорзальной или вентральной

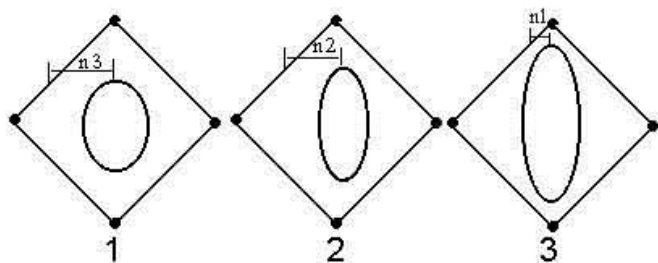


Рис. 3. Воздействие ячеи на тело рыбы с различной формой поперечного сечения.

частях тела рыбы, и соответствующих им точках на нитях ячеи. Как видно из рис. 3, низкотелые рыбы отличаются большей величиной расстояния "n", и, следовательно, могут свободнее маневрировать при прохождении ячеи, чем высокотелые.

Травмируемость рыб, независимо от типа полотна и видовой принадлежности, во многом определялась степенью соответствия величины обхвата рыб и размера ячеи (рис. 4). Для всех исследованных рыб данная зависимость была достоверной и имела

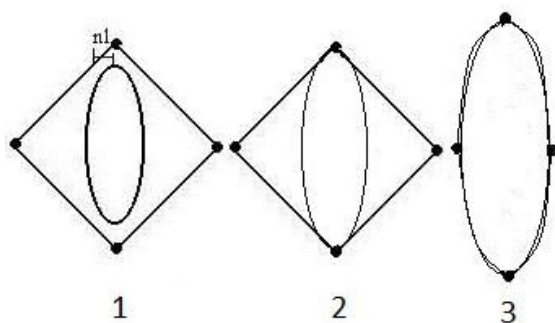


Рис. 4. Воздействие ячеи на тело рыбы с различной величиной обхвата тела.

сходный характер – повышение степени травмируемости при увеличении обхвата (укляя – $r = 0,90$, при $p < 0,01$; плотва – $r = 0,75$, при $p < 0,01$; лещ – $r = 0,67$, при $p < 0,05$ и синец – $r = 0,80$ при $p < 0,01$), поскольку, чем выше соответствие обхвата тела рыбы периметру ячей, тем теснее контакт с нитью и, соответственно, больше ве-

роятность и площадь травмирования (рис. 3, 4).

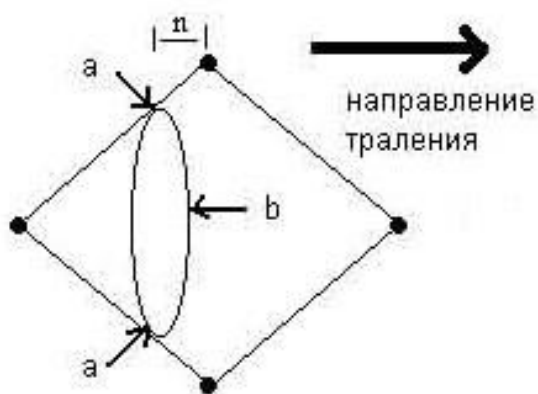
Устойчивость отдельных видов рыб к травмированию неодинакова и зависит от защитных свойств чешуйного покрова. Чем меньше его устойчивость к механическим воздействиям, тем более глубокие нарушения жизнедеятельности наблюдаются у рыб. Воздействия орудий лова на непромысловую часть популяций зависит от типа орудия лова и характеристик сетного полотна. Активные орудия лова и сетное полот-

но из более тонкой нити чаще наносят более значительные повреждения, чем пассивные орудия лова и полотно из более толстой нити.

Глава 4. Травматизм рыб в условиях тралового лова.

В данной главе рассматривается травмирование рыб при прохождении сквозь дель экспериментального трала при проведении траления со скоростью 3,5 км/ч. Поскольку в лабораторных условиях не удалось достигнуть скорости перемещения рамы, близкой к реальной скорости траления, все эксперименты были проведены в полевых условиях. Качественный состав травм у рыб, прошедших сквозь ячейу трала в полевых условиях и в ходе лабораторных экспериментов, был сходным. Число травмированных рыб и степень их травмирования имели положительную связь с длительностью траления ($r = 0,93; p < 0,05$).

Механизм травмирования при прохождении ячейи в процессе траления слож-



нее, чем при прохождении сквозь неподвижную или медленно перемещающуюся дель. При тралении на рыбу воздействует сила "b", которая зависит от скорости траления. Эта сила сносит рыбу, проходящую через ячейу, в сторону противоположную направлению перемещения трала (рис. 5). При прохождении сквозь дель, под воздействием данной силы, рыбу прижимает к одной из сторон ячейи в точ-

Рис. 5. Механизм травмирования рыбы при траловом лове.

ках "a", т.е. при тралении мелкая рыба с обхватом тела, значительно меньшем, чем размер ячейи, имеет более высокую вероятность травмироваться, чем при лове ставными сетями или неводом.

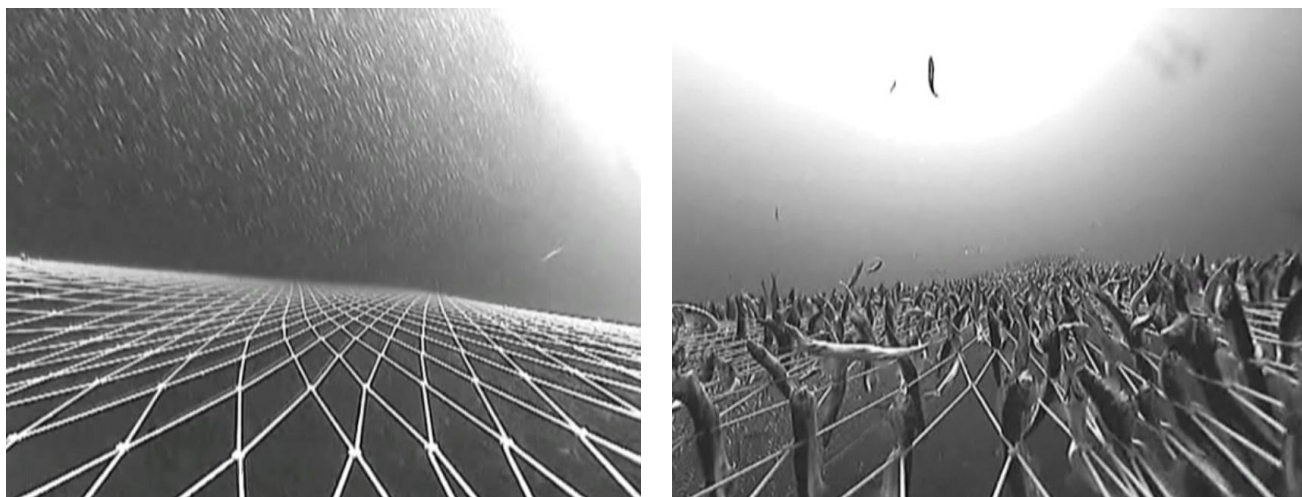


Рис. 6. Механизм травмирования рыбы при траловом лове. Слева – начало лова, справа – окончание лова (океанический промысел атлантической сельди) (архив ВНИРО).

Так, из рисунка 6 (снимки трала во время реального лова атлантической сельди), видно (на правой части рисунка), что в углу каждой ячеи зажаты рыбы, обхват тела которых в несколько раз меньше, чем размер ячеи.

При контакте нить воздействует на дорзальную и вентральную часть тела с силой равной силе "b", травмируя рыбу и затрудняя её прохождение сквозь сетное полотно. Рыба, не успевшая пройти сквозь дель, зажимается в углу ячеи (рис. 6), получая значительные травмы. Свобода маневра при прохождении ячеи трала, как и в ставных сетях, определяется расстоянием "n" (рис. 5). Наряду с этим, у высокотельных рыб тело может перегибаться по продольной оси, когда их прижимает к нити в точках "а". При экспериментальных тралениях на Рыбинском водохранилище такие высокотельные виды рыб, как лещ, синец и чехонь, получали серьезные и внешне заметные механические повреждения. Практически у всех особей этих видов (от 56 до 97%), извлеченных из рыбоуловителя, наблюдались значительные повреждения чешуйного покрова на спинной и, особенно, брюшной частях тела (потеряно более 50% площади чешуйного покрова). От 10 до 36% особей этих видов, находившихся в рыбоуловителе, имели раны на теле.

В меньшей степени страдали от механического контакта с делью низкотельные виды рыб: плотва и укляя. Практически не имели внешних повреждений окунь и судак. Только ряпушка и тюлька, отличающиеся очень слабым чешуйным покровом, по проценту потери чешуи и числу травм были сравнимы с высокотельными видами.

Хотя степень травмирования у особей из рыбоуловителя была выше, чем у рыб из кутка трала, эти рыбы получали значительные повреждения еще до прохождения сквозь дель трала, находясь в кутковой части трала, в результате контакта с делью и более крупными рыбами (табл. 6).

Анализ встречаемости разных типов травм для рыб каждого вида в отдельности (табл. 7) показывает, что тюлька получает большую часть травм еще в кутке трала (у 100% особей было повреждено более половины чешуйного покрова). Укляя также теряла чешую, еще находясь в трале. Однако у этого вида степень потери чешуи значительно возрастала при прохождении через ячею трала. Если в трале только 20% особей укляи имели серьезные повреждения чешуйного покрова (более 50% поверхности), то в рыбоуловителе они отмечались уже у всех экземпляров.

Аналогичная ситуация наблюдалась и у двух других исследованных видов: у плотвы число особей с повреждением чешуи более 50% изменялось от 18% (в трале) до 88% (в рыбоуловителе), у леща – от 68 до 100%.

Таблица 6. Усредненная степень травмирования исследуемых видов рыб из разных частей экспериментального трала

Часть трала	Статистические показатели	Тюлька	Уклея	Плотва	Лещ	Синец	Ряпушка
Куток	среднее	8,6	5,4	3,9	6,0	5,5	6,8
	максимум	15,0	9,0	8,5	9,5	11,0	7,0
	минимум	5,0	2,0	0,0	3,0	0,0	6,5
	ст. отклонение	1,99	3,23	2,10	1,41	2,07	0,35
	станд. ошибка	0,15	1,44	0,39	0,19	0,32	0,25
Рыбоуловитель	среднее	8,1	6,9	5,8	7,1	–	–
	максимум	13,0	9,0	8,0	10,0	–	–
	минимум	4,0	5,0	3,5	4,5	–	–
	ст. отклонение	2,40	1,43	1,31	2,23	–	–
	станд. ошибка	0,11	0,58	0,46	0,84	–	–

Тюлька практически все видимые повреждения получала не вследствие прохождения особей через ячею, а в результате контакта с сетным полотном и другими рыбами еще в трале. У остальных видов степень травмирования достоверно увеличивалась при прохождении ячеи трала, т.е. значительную долю повреждений они получали именно при прохождении сквозь дель.

Таблица 7. Доля рыб (%), получивших травмы, в различных частях экспериментального трала

Вид	Часть трала	Потеря чешуи		Небольшие повреждения	Кровоподтеки	Раны
		< 50%	> 50%			
Уклея	рыбоуловитель	0	100	0	83	0
	куток	80	20	40	100	0
Плотва	рыбоуловитель	13	88	0	88	0
	куток	79	18	14	71	4
Лещ	рыбоуловитель	0	100	0	100	0
	куток	30	68	2	94	0
Тюлька	рыбоуловитель	0	100	1	87	0
	куток	0	100	1	96	1
Ряпушка	куток	50	50	0	100	0
Синец	куток	93	5	12	95	2

Травмирование малоразмерных рыб происходит не только при прохождении через ячею трала, но и непосредственно внутри орудия лова, даже при непродолжительном тралении, когда объем улова в трале незначителен.

4.1. Оценка интенсивности выхода мелкой рыбы через ячею трала в зависимости от величины улова, плотности и пространственной структуры облавливаемых скоплений.

Селективные свойства активного орудия лова в значительной мере зависят от характера облавливаемого скопления. При облове плотных скоплений рыба быстро накапливается в трале, снижая его селективные свойства. Механизм этого явления заключается в том, что в плотном скоплении рыбе трудно принять соответствующее положение (сориентировать тело для прохождения сквозь ячею). Кроме того, значительная доля мелких рыб оттирается от дели, травмируется более крупными особями и остается в накопительной части орудия лова.

При облове скоплений различной плотности относительный показатель количества мелких рыб, выходящих через дель мотенной части (рис. 7), имел отрицательную зависимость от показателя плотности скопления ($r = -0,95$; $p < 0,05$). Кроме того, интенсивность выхода мелкой рыбы через ячею кутовой части трала зависела и от пространственной структуры скопления. Так, относительный показатель интенсивности выхода мелкой рыбы при облове скоплений со средней плотностью 62 экз./1000 м³ и относительно равномерным распределением рыбы (рис. 7, точка “а”) был выше, чем для скопления с близкой средней плотностью (68 экз./1000 м³), но состоявшего из отдельных стай, в котором рыбы были распределены агрегировано (рис. 7, точка “б”).

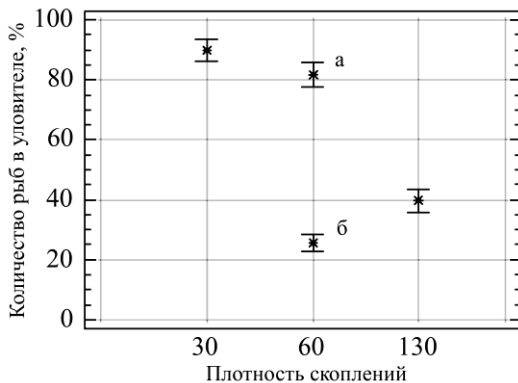


Рис. 7. Зависимость количества малоразмерных рыб в уловителе от плотности облавливаемого скопления (число рыб в % от общего количества молоди в улове). а – равномерное распределение рыбы в скоплении; б – агрегированное распределение.

Средние траловые уловы на скоплениях с равномерным распределением рыб были положительно связаны ($r = 0,93$; $p < 0,05$) с плотностью этих скоплений. При этом относительный показатель количества мелких рыб, выходящих через дель мотенной части, имел отрицательную зависимость от показателя величины улова ($r = -0,95$; $p < 0,05$).

Средние траловые уловы на скоплениях с равномерным распределением рыб были положительно связаны ($r = 0,93$; $p < 0,05$) с плотностью этих скоплений. При этом относительный показатель количества мелких рыб, выходящих через дель мотенной части, имел отрицательную зависимость от показателя величины улова ($r = -0,95$; $p < 0,05$).

Следовательно, скорость накопления рыбы в трале, обусловленная пространственными и плотностными характеристиками облавливаемого скопления, влияет на размерную селективность сетного орудия лова. Высокая скорость накопления рыбы в трале препятствует выходу малоразмерной части скопления и приводит к увеличению степени её травмирования.

Глава 5. Посттравматическая выживаемость рыб под влиянием природных факторов.

В качестве наиболее наглядных показателей жизнеспособности рыб, прошедших через ячею орудия лова, использовали их реакцию на хищника и изменения способности сопротивляться течению.

5.1. Посттравматическая выживаемость травмированных рыб – влияние болезнетворных организмов.

Любые травмы, порой даже незначительные, ослабляют организм, приводя к большей подверженности инфекционным и инвазионным заболеваниям, снижая устойчивость рыбы к воздействию неблагоприятных факторов среды.

Наблюдение за особями, которых отсаживали в отдельные аквариумы для оценки последствий контакта с сетным полотном, показало высокий уровень смертности травмированных рыб (табл. 8).

Таблица 8. Динамика отхода травмированных рыб (%) в результате контакта с траловой и сетной делью в посттравматический период

Вид рыбы	Посттравматический период			
	1-я неделя		2-я неделя	
	траловая дель	сетная дель	траловая дель	сетная дель
Лещ	30	54	47	100
Плотва	74	79	81	100
Синец	50	100	100	–
Уклея	42	100	53	–

Основными видимыми последствиями травмирования были поражение сапролегнией, некроз тканей и разрушение плавников, а также «пучеглазие» (экзофтальмоз) и «ерошение чешуи» (рис.8).

Содержание контрольных особей (отказавшихся проходить сквозь ячею в ходе эксперимента) в аквариумах с проточной водой в течение 14 дней не привело к появлению признаков поражения болезнетворными организмами, эти рыбы активно питались и затем были выпущены в естественную среду.

Зависимость продолжительности жизни от степени травмирования во всех случаях представляла собой пологую нисходящую экспоненту (рис. 9), т.е. продолжительность жизни обратно пропорциональна степени травмирования.



Рис. 8. Последствиями травмирования рыб при прохождении сквозь ячейку орудий лова: а – гематомы, поражение сапролегнией; некроз подкожной ткани; б – экзофтальмоз, раздутое тело; в – “ерошение чешуи”, экзофтальмоз; г – гематомы, разрушение плавников, сапролегния на поверхности тела и голове, элиминация глаз.

Это вполне естественно и указывает на то, что предложенная схема расчета степени травмирования достаточно объективно отражает относительное значение

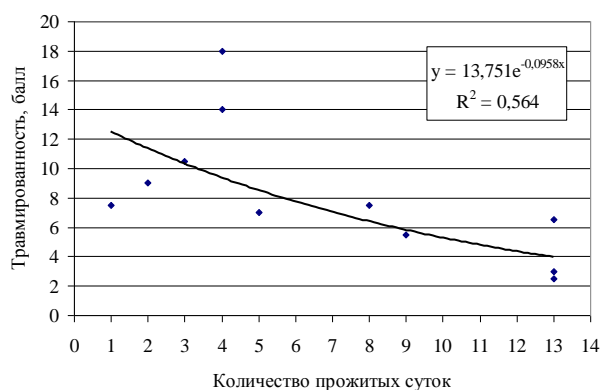


Рис. 9. Зависимость количества прожитых после прохождения жаберной сети суток от степени травмированности у леща

стивие пассивных орудий лова и полотна из более толстой нити чаще приводит к отсроченной смертности.

5.2. Интенсивность выедания хищником рыб с различной степенью травмирования.

Согласно результатам полевых и лабораторных экспериментов, устойчивость рыб, имеющих повреждения внешних покровов, к воздействию хищника, независимо от их видовой принадлежности, определялась степенью повреждения их чешуйного покрова ($r = 0,87$; $p < 0,05$) (рис. 7). Скорость выедания рыб разных видов с одинаковой степенью потери чешуи достоверно различалась (однофакторный дисперсионный

каждого типа травм для выживаемости рыб.

Зависимость степени травматизма от типа сетного полотна и скорости перемещения орудия лова позволяют сделать заключение о том, что активные орудия лова и сетное полотно из более тонкой нити наносят более значительные повреждения, приводящие к быстрой гибели рыб, в то время как воздействие пассивных орудий лова и полотна из более толстой нити чаще приводит к отсроченной смертности.

анализ, $p < 0,05$). Из рисунка 7 видно, что при сходной степени повреждений чешуйного покрова лещ выедался быстрее (коэффициент регрессии $b = 0,48$; $r = 0,82$; $p < 0,05$), чем плотва ($b = 0,16$; $r = 0,93$; $p < 0,05$). Выдерживание рыб в течение нескольких суток после процедуры травмирования перед посадкой в аквариум к хищнику не влияло на характер зависимости их устойчивости от степени травмирования ($r = 0,91$; $p < 0,05$). В то же время, скорость выедания лещей, выдержанных в течение трех суток, в среднем была ниже ($b = 0,24$; $r = 0,79$; $p < 0,05$), чем лещей, посаженных к хищнику сразу после процедуры травмирования ($b = 0,54$; $r = 0,81$; $p < 0,05$). У видов рыб, которые при оборонительном поведении способны активно использовать убежища, наблюдалась иная картина. Так, плотва, выпущенная к хищнику сразу после процедуры травмирования, активно использовала имеющиеся в бассейне убежища, что делало ее временно недоступной для хищника. Травмированные особи, которые выдерживались до посадки к хищнику в течение трех суток, в экспериментальном бассейне сразу начинали активно плавать и выедались быстрее.

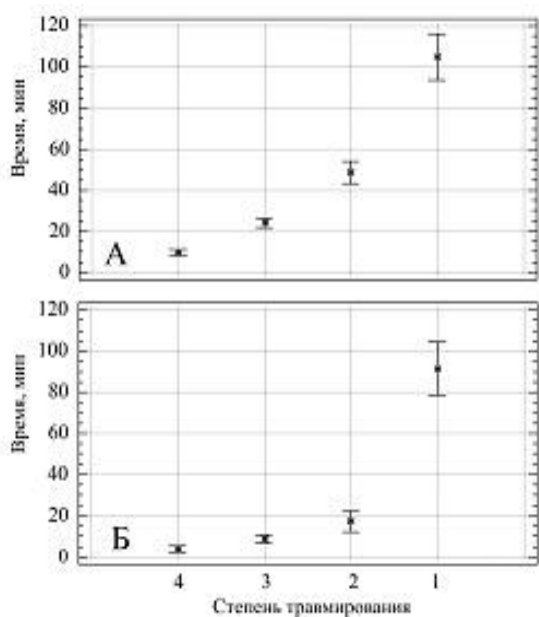


Рис. 10. Зависимость скорости поимки жертвы хищником от степени повреждения ее чешуйчатого покрова (в баллах): А – плотва, Б – лещ (представлены средние и доверительные интервалы для $p < 0,05$).

В экспериментах с хищником особи, имевшие даже небольшие повреждения чешуйного покрова, выедались быстрее, чем рыбы без повреждений, поскольку при травмировании нарушались криптические и гидродинамические свойства их внешних покровов. Присутствие убежищ (зарослей водной растительности, камней и т.д.) может увеличить временной промежуток от момента травмирования до поимки хищником, но не приводит к существенному повышению вероятности выживания, поскольку заживление ран и восстановление чешуйного покрова требует длительного периода.

Исследования в условиях Рыбинского водохранилища показали, что после нескольких тралений пелагическим тралом в питании хищников, пойманных на этом же участке, резко возрастает доля малоразмерных рыб. Это особенно характерно для видов рыб, отличающихся наименьшей плотностью чешуйного покрова – тюльки и уклей. Доля рыб с плотным чешуйным покровом (окуня), напротив, снижалась. Так, в питании судака Рыбинского водохранилища в «обычных» условиях встречались 7 видов жертв, при этом доминировали ерш,

тюлька и сеголетки окуня. После нескольких тралений мальковым тралом доля тюльки в питании судака возрастала с 42 до 64%, появилась укляя, доля которой составила 10% и плотва – 9%. Доля сеголетков окуня, наоборот, уменьшалась с 17% до 3%, а ерш в питании отсутствовал.

Еще более контрастные различия наблюдались в питании чаек. В «обычных» условиях в их питании (исследовано 50 погадок) было отмечено 4 вида рыб (плотва, укляя, лещ и елец) в возрасте 2+ – 3+ (Столбунов, Герасимов, 2008). После нескольких тралений мальковым тралом в погадках чаек, собранных нами на ближайших к месту траления отмелях, были отмечены в основном тюлька и сеголетки карповых (укляя, синец, лещ и плотва). Эти виды составляли основу облавливаемых пелагических скоплений и до траления были не доступны для чаек, поскольку эти скопления в дневное время находились на глубине 3–5 м.

Следовательно, в естественных условиях малоразмерные особи, прошедшие сквозь ячею трала, так же, как и в экспериментальных условиях, интенсивно выедаются хищниками.

5.3. Плавательная способность рыб с разной степенью травмирования.

Увеличение доступности травмированных особей хищнику происходило не только в результате нарушения криптических свойств внешних покровов, но и в результате снижения гидродинамических свойств. Так, у особей, травмированных при прохождении ячеи, наблюдались значительные отклонения в плавательной способности (табл. 9). Наиболее существенные различия в плавательной способности между травмированными и не травмированными особями наблюдались у видов с наименее плотным чешуйным покровом – уклейи и синца.

Наряду с количественными показателями плавательной способности, у неповрежденных и поврежденных особей различалось и поведение. Неповрежденные рыбы плыли ровно, практически не меняя своего положения, тогда как травмированные особи двигались рывками, периодически скатываясь к задней ограничительной решетке, и затем снова выплывали в центр камеры.

Эксперименты показали, что повреждение чешуйного покрова значительно снижает способность рыб противостоять течению вследствие изменений гидродинамических свойств чешуйного покрова.

Следовательно, травмирование рыб непромысловых размеров, происходящее в результате их контакта с сетным полотном орудия лова, не является прямой причиной гибели большинства этих особей.

Таблица 9. Динамика устойчивости травмированных и неповрежденных рыб к воздействию течения (доля скатившихся особей, %)

Вид	Степень травмирования	< 10 с	10–30 с	30–60 с	1–5 мин	5–10 мин	10–20 мин	Не скатились
Уклея	поврежденные	69	31	0	0	0	0	0
	неповрежденные	0	0	0	0	0	0	100
Плотва	поврежденные	7	43	0	14	7	7	21
	неповрежденные	0	0	0	15	8	0	77
Лещ	поврежденные	24	29	38	5	5	0	0
	неповрежденные	0	0	0	0	0	0	100
Синец	поврежденные	0	100	0	0	0	0	0
	неповрежденные	0	0	0	0	0	0	100

Только часть рыб гибнет сразу после контакта с сетным полотном при получении травм, несовместимых с жизнью. Большая часть особей погибает в результате снижения их резистентности к воздействию болезнетворных организмов и хищников, а также ухудшения плавательной способности.

Глава 6. Последствия травмирования молоди рыб для состояния эксплуатируемой популяции.

Согласно данным лабораторных опытов по посттравматическому выживанию рыб, травмирование тюльки после прохождения через сетное полотно трала, должно привести к гибели до 36% от общего числа малоразмерных особей, находившихся в процеженном тралом объеме воды. Данная цифра приведена без учета отсроченной смертности в результате воздействия природных факторов – болезнетворных организмов и хищников. Плотва также получает повреждения, несовместимые с жизнью – смертность в результате быстрой гибели после прохождения ячеи трала оценивается в 11,8%. Лещ в лабораторных экспериментах показал лучшую устойчивость к механическому воздействию траловой дели, соответственно, доля особей, погибающих сразу после прохождения ячеи, оценивается в 4,7%. На основании этих данных, можно предположить, что при реальном траловом лове смертность тюльки от общего количества особей находившихся в процеженном объеме воды, составит 36%, смертность рыб с более плотной чешуёй – 11,8% у плотвы и 4,7% у леща.

Таким образом, траловый промысел наносит значительный ущерб естественной популяции рыб, причем в большей степени травмированию и последующей гибели подвержены особи, которые через 1–2 года должны пополнить промысловую часть популяции.

Установленное нами снижение устойчивости чешуйного покрова при воздействии сетного полотна в ряду: окунь, плотва, лещ, укля, тюлька пропорционально снижению плотности чешуйного покрова у этих видов, определенного исходя из степени налегания чешуи по методу В.Д. Бурдак (1979). Следовательно, данный метод сравнения защитной функции чешуйного покрова позволяет применить полученные нами зависимости степени травматизма исследованных видов рыб при воздействии сетного полотна к другим видам, в том числе и к морским.

Выводы.

1. Травмирование рыб непромысловых размеров, происходящее в результате их контакта с сетным полотном орудия лова, не является прямой причиной гибели большинства из этих особей. Только часть рыб гибнет сразу после контакта с сетным полотном при получении травм, несовместимых с жизнью. Большая часть особей погибает в результате снижения их резистентности к воздействию болезнетворных организмов и хищников, а также ухудшения плавательной способности.
2. Степень воздействия орудия лова на непромысловую часть популяций зависит от его типа и характеристик сетного полотна. Активные орудия лова и сетное полотно из более тонкой нити чаще наносят повреждения, приводящие к быстрой гибели рыб, в то время как воздействие пассивных орудий лова и полотна из более толстой нити чаще приводит к отсроченной смертности.
3. Устойчивость к травмированию у отдельных видов рыб различается и зависит от защитных свойств чешуйного покрова. Чем меньше его устойчивость к механическим воздействиям, тем более глубокие нарушения жизнедеятельности наблюдаются у рыб. Степень травмирования различных видов рыб при прохождении через сетную и траловую дель возрастает в ряду: окунь, плотва, лещ, укля.
4. Продолжительность жизни в посттравматический период обратно пропорциональна степени травмирования. К основным видимым последствиям травмирования можно отнести поражение сапролегнией, некроз тканей и разрушение плавников, а также наличие «пучеглазия» (экзофтальмоз) и «ерошения чешуи».
5. В экспериментах с хищником наиболее быстрой элиминации подвергаются особи, имеющие даже небольшие повреждения чешуйного покрова, из-за снижения его криптических и гидродинамических свойств. Присутствие убежищ (зарослей водной растительности, камней и т.д.) может увеличить временной промежуток от момента травмирования до поимки особи хищником, но не приводит к существенному повышению вероятности выживания, поскольку заживление ран и восстановление чешуйного покрова требует длительного периода времени.

6. Повреждение чешуйного покрова снижает способность рыб противостоять течению вследствие изменений гидродинамических свойств чешуйного покрова.
7. Скорость накопления рыбы в трале, обусловленная пространственными и плотностными характеристиками облавливаемого скопления, влияет на размерную селективность сетного орудия лова. Высокая скорость накопления рыбы в трале препятствует выходу малоразмерной части скопления и приводит к увеличению степени её травмирования.
8. Траловый промысел наносит ущерб естественной популяции рыб, причем в большей степени травмированию и последующей гибели подвержены рыбы, составляющие пополнение, которое через 1–2 года должно пополнить промысловую часть популяции.

Список основных работ, опубликованных по теме диссертации

В рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК

1. Долгих М.Г., Герасимов Ю.В., Лапшин О.М. 2010. Травматизм в непромысловой части популяции при траловом промысле // Вопросы рыболовства Т. 11. № 1 (41). С. 162–173.
2. Долгих М.Г., Герасимов Ю.В., Лапшин О.М. 2008. Травматизм рыб непромыслового размера при прохождении через ячею орудий лова в модельных экспериментах // Известия ТИНРО. Т. 155. С. 257-271.

В других научных изданиях и материалах конференций

3. Долгих М.Г. 2007. Изучение плавательной способности прошедших через ячею трала рыб // Труды научной конференции «Инновации в науке и образовании – 2007» (23–25 октября 2007 г., Калининград). Часть 1. С. 135–137.
4. Долгих М.Г., Герасимов Ю.В., Лапшин О.М. 2007. Изучение жизнеспособности вышедших из трала рыб путем экспериментов по устойчивости к воздействию хищника // Материалы докладов международной научно-практической конференции «Проблемы изучения, сохранения и восстановления водных биологических ресурсов в XXI веке» (16–18 октября 2007 г., Астрахань). С. 37–40.
5. Долгих М.Г., Лапшин О.М. 2007. Поведение рыб, проходящих через ячею орудия лова // IV Всероссийская конференция по поведению животных (29 октября – 1 ноября 2007 г., Москва). Сборник тезисов. М. С. 504–505.
6. Dolgikh M.G. Gerasimov Yu.V., Lapshin O.M. 2007. Damaging action of trawl fishing on young and non-target fishes as a factor of decreased biodiversity of fish communities // ICES CM 2007/E:22. 15 p.