

06
И 71

ISSN 0320-9652

АКАДЕМИЯ
НАУК
СССР

**БИОЛОГИЯ
ВНУТРЕННИХ
ВОД**

№

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

50

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД

НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ

ГИДРОБИОЛОГИИ, ИХТИОЛОГИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВОДОЕМОВ

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 50



ЛЕНИНГРАД

«НАУКА»

ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

1981

Academy of Sciences of the USSR Institute of Biology of Inland Waters Scientific Council for problems of hydrobiology, ichthyology and utilization of biological resources of waterbodies

Biology of Inland Waters
Information Bulletin

N 50

Данный бюллетень отражает направление исследований по проблеме рыбопропуска и рыбозащиты за последние 3-4 года. Рассматриваются вопросы распределения, плотности и численности под плотинами гидроузлов ценных промысловых рыб, особенности их привлечения в рыбопропускные сооружения и ската через плотины. В связи с разработкой экологических способов рыбозащиты значительное внимание уделяется распределению и поведению молоди рыб в водотоке. Приводятся оригинальные данные об искусственных нерестилищах.

Выпуск рассчитан на биологов, занимающихся вопросами экологии и поведения рыб, а также на специалистов по проблеме рыбопропуска и рыбозащиты.

Главный редактор А.В. МОНАКОВ

Ответственный редактор А.Г. ПОДДУБНЫЙ

351997

УДК 626/627:502.55

О СОВМЕСТНЫХ РАБОТАХ ГИДРОПРОЕКТА
И ИБВВ АН СССР
В ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
ПРИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
НА ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМАХ

В последние годы при создании энергетических и водохозяйственных объектов особое внимание уделяется рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды. Для отыскания оптимальных путей решения возникающих при этом вопросов особое значение имеет научное сотрудничество организаций и отдельных специалистов. Примером такого сотрудничества служит многолетняя совместная работа Всесоюзного научно-исследовательского и проектно-изыскательского института „Гидропроект“ им. С.Я. Жука и лаборатории ихтиологии Института биологии внутренних вод АН СССР. При проектировании рыбопропускных сооружений необходимы данные о поведении и ориентации рыб в водотоке.

Гидропроект совместно с ИБВВ АН СССР при участии других организаций впервые в практике проектирования рыбопропускных сооружений были организованы комплексные исследования на гидроузлах, включающие телеметрические наблюдения за трассами движения и местами концентрации и ориентации рыб, контрольные отловы, гидравлические измерения зоны поисков, разработки блоков питания и привлекающих штейфов и т.п.

Особое внимание уделялось изучению способов ориентации рыб, их реакции на поток, распределению в реке в зависимости от гидробиологического режима, суточного и сезонного ритмов миграции рыб и ската молоди, а также от освещенности, звука, магнитных и электрических полей.

В результате разработанный и внедренный метод телеметрического и гидроакустического прослеживания движения рыб в водоемах позволил не только регистрировать, но и прогнозировать пути миграции и места концентрации рыб в нижних бьефах гидроузлов. На основании этих данных Гидропроект разработал нашедший применение на практике метод выбора местоположения, количества и типа рыбопропускных сооружений в системе гидроузла.

При составлении проекта для правильного прогнозирования способов привлечения рыб к рыбопропускному устройству после строительства гидроузла большое значение имеет анализ совмещенных данных по трассам движения, местам концентрации рыб и гидравлической структуре потока. Совместная работа биологов и гидравликов, осуществленная в рамках указанных экспедиций, анализ по-

лученных результатов способствовали усовершенствованию работы ряда существующих рыбопропускных сооружений и дали богатейший материал для проектирования эффективных новых.

Работы ИБВВ АН СССР по выявлению особенностей поведения и ориентации рыб в зоне гидроузлов впервые широко использованы Гидропроектом в практике рыбохозяйственного строительства при проектировании рыбопропускного комплекса Кочетовского гидроузла на Дону. Выполненный комплекс исследований и учет их результатов в проекте позволили создать условия для привлечения и пропуска ценных промысловых рыб через сооружения гидроузла к местам нереста. Сегодня Кочетовский рыбопропускной шлюз — одно из самых эффективных сооружений такого типа. Эти работы послужили основой проекта нового типа механического рыбоподъемника с рыбоспуском Краснодарского гидроузла. Ныне это одно из наиболее эффективных сооружений, в течение нескольких лет стабильно пропускающее около 1 млн. штук в год различных видов рыб.

С помощью методов гидроакустического и телеметрического прослеживания на гидроузлах были проведены широкие эксперименты по определению величины характерных скоростей потока для рыб. Установлены значения пороговой, привлекающей и сносящей скоростей для волжского и донского осетров и сельди, кубанской севрюги, туломской семги и ряда полупроходных рыб: леща, судака и др. Выявлены глубины движения различных рыб в реке.

С учетом исследований ИБВВ АН СССР, а также исследований других организаций (НИМИ, КГУ, КПИ, ИЗМЭЖ АН СССР) Гидропроектом получены зависимости и разработаны номограммы для определения величин скоростей в привлекающих рыбу шлейфах и рекомендации по способам искусственного формирования указанных шлейфов для привлечения поверхностных или придонных рыб при различных структурах потока.

Анализ многолетних телеметрических и гидроакустических наблюдений и исследований ИБВВ АН СССР по сезонному и суточному ритму двигательной активности различных рыб позволили Гидропроекту сформулировать требования к периодичности работы сооружений рыбохозяйственного комплекса.

Развитию теоретических и практических основ мероприятий по сохранению ценных промысловых рыб в условиях гидростроительства способствуют ежегодно проводимые в ИБВВ АН СССР координационные совещания по соответствующим заданиям и темам Госкомитета по науке и технике СССР, научное руководство которыми осуществляет Гидропроект. Результаты их регулярно освещаются в Информационном бюллетене и других изданиях ИБВВ АН СССР и представляют собой важный вклад в решение проблемы.

В последние годы тематика и форма совместных работ расширились и углубились. ИБВВ АН СССР подключился к исследованиям и разработкам различных способов защиты рыб от гибели на водозаборах. Намечены совместные лабораторные исследования особенностей распределения покатной молоди в гидродинамических лотках.

Совместная работа институтов повышает эффективность исследований и ускоряет внедрение результатов в практику. Только за период 1970–1975 гг. внедрение дало экономический эффект около 11 млн. рублей.

Новая форма научного содружества биологов и инженеров ИБВВ АН СССР и Гидропроекта помогает решению проблем сохранения запасов ценных промысловых рыб при гидротехническом строительстве.

Н.В. Буторин, С.М. Успенский, А.Г. Поддубный,
Б.С. Малеванчик

ВСЕСОЮЗНОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ПРОБЛЕМЕ ЗАЩИТЫ РЫБ ОТ ПОПАДАНИЯ В ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

10–14 марта 1980 г. в Институте Укргипроводхоз (Киев) состоялось Всесоюзное совещание „Современное состояние проблемы защиты рыб от попадания в водозаборные сооружения“, организованное Министерством мелиорации и водного хозяйства УССР, Министерством рыбного хозяйства СССР и Ихтиологической комиссией. В его работе приняли участие ведущие специалисты более 20 научных рыбохозяйственных и проектных учреждений Москвы, Киева, Ростова-на-Дону, Астрахани, Волгограда, Баку, Алма-Аты и других городов.

Было заслушано 37 докладов и научных сообщений. В обобщающих докладах руководителя совещания Д.С. Павлова (ИЭМЭЖ АН СССР), А.М. Большова (СКТБ Союзводпроекта), Б.С. Малеванчика (Гидропроект) подробно проанализировано современное состояние научно-исследовательских и проектных работ по разработке эффективных средств рыбозащиты. Отмечено, что до сих пор на многих имеющихся водозаборах нет надежных высокоэффективных рыбозащитных устройств. Это приводит к тому, что только на Волге на водозаборных сооружениях ежегодно гибнет 3–6 млрд. экз. молоди рыб. В связи с усиливающимся в стране гидростроительством и мелиорацией актуальность проблемы рыбозащиты с каждым годом возрастает.

Большой интерес вызвали сообщения об исследованиях по экологическому способу защиты рыб. Приведены новые данные об особенностях распределения молоди рыб в реках и водохранилищах в районе водозаборов. Часть выступлений была посвящена новым конструкциям рыбозащитных устройств, эффективность которых близка к 100%.

На совещании проведена работа по координации научных и проектных исследований различных организаций.

В принятом решении было отмечено, что в последние годы заметно усилилась работа по данной проблеме. Вместе с тем указано на необходимость обратить серьезное внимание на перспективные направления исследований, результаты которых следует внедрять в практику рыбозащиты как можно скорее.

В.К. Конобеева

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОПРЕФЕРЕНДУМА РЫБ ЗА РУБЕЖОМ

Исследования термопреферендума животных относятся к одному из бурно развивающихся направлений современной экологии. Количество зарубежных публикаций по термопреферендуму рыб в течение последних 3–4 лет выросло до 25–35 за год по сравнению с 2 статьями к концу 50-х годов:

Годы	1914–1940	1941–1950	1951–1960	1961–1970	1971–1980
Количество статей	5	13	25	40	170 ¹

Первые работы по реакциям рыб в градиенте температур принадлежат Уэллсу (1914), Шелфорду, Пауэрсу (1915) и Дудорову (1938). В период 1940–1960 гг. канадскими учеными университета Торонто (Фрай, Брет, Фишер, Гарсайд, Салливан и др.) выполнена серия исследований механизма термопреферендума различных видов североамериканских рыб. В своей широко известной работе „Влияние окружающей среды на активность животных“, опубликованной в 1947 г., физиолог Фрай, в частности, указал, что в температурном градиенте температура выступает в качестве направляющего фактора. Там же впервые проведено разделение между избираемой температурой (*preffered temperature*) и конечной избираемой (*final preferendum*). Под избираемой температурой Фрай понимал область в бесконечном интервале температур, в которой данная популяция сосредоточивается, если ей будет предоставлена возможность свободного выбора. Под конечной избираемой температурой подразумевалась та, вокруг которой все особи окончательно концентрируются независимо от температуры их акклимации перед посадкой в градиент. Одновременно „*final preferendum*“ есть температура, при которой избираемые температуры равны температуре акклимации. Именно конечный термопреферендум Фрай считал удобным и осмысленным индексом (показателем) влияния температуры как направляющего фактора.

Последующие работы отразили 2 взаимосвязанные тенденции в области изучения термопреферендума: 1) выявить причины и механизм выбора рыбами конечной избираемой температуры, увязав последнюю с эколого-физиологическим оптимумом организма животных; 2) выяснить, насколько лабораторные данные переносимы на естественную среду, в особенности в районах действия подогретых вод.

Причиной, повлекшей за собой рост числа публикаций в последнее десятилетие, следует считать возможность использования конечного термопреферендума, а также избегаемых рыбами температур в качестве экологических индикаторов поведения и распределения рыб в зо-

¹ Ряд последних публикаций не учтен.

нах сбросных теплых вод. Феномену роста способствовало и современное техническое обеспечение экспериментальных экологических разработок – создание больших градиентных установок и ихтиотронов.

Из 197 исследователей, занимавшихся изучением термопреферендума рыб, более 2/3 опубликовали свои работы после 1970 г. Наиболее активно (от 4 до 35 публикаций) работают около 20 ихтиологов и экологов США и Канады (Рейнольдс, Кастерлин, Бейтингер, Маккаулей, Кроушоу, Черри, Нейл, Магнусон, Стауфер, Петерсон и др.). Отдельные работы опубликованы в Англии, ФРГ, Швеции, Норвегии, Польше и других странах.

За последние 6 лет вышло 3 сводки-таблицы, в которых приводятся данные по конечному преферендуму и избегаемым температурам многочисленных видов рыб. В настоящее время у нас имеются литературные и собственные данные по термопреферендуму более 120 видов и 12 гибридов рыб из 32 семейств. Наличие реакции температурного предпочтения можно считать доказанным не только у костистых, но и у хрящевых рыб, а также у 2 видов миног.

В 1976 г. состоялся симпозиум, организованный северо-восточным отделением общества американских ихтиологов, на котором были обобщены многолетние данные по термопреферендуму рыб. Обсуждение выявило те же 2 основные цели исследований: механизм и причины термопреферендума (упор был сделан на физиологические и поведенческие аспекты), а также возможность использования подобных температурных реакций в целях экологического прогнозирования. Участники обратили внимание на разнообразие методов и подходов к изучению явления „термопреферендум“ – как экспериментальных, так и полевых (биотелеметрия и измерение температур тела рыб). Особо был поставлен вопрос о соотношении конечных избираемых температур, полученных в „острых“ (продолжительность минуты-часы) опытах и опытах „притяжения“ (продолжительность суток-недели).

На состоявшемся в 1978 г. при содействии Американского общества зоологов симпозиуме „Терморегуляция эктотермов“ была подчеркнута важность изучения термопреферендума в эволюционном плане на различных классах позвоночных.

Сегодня не вызывает сомнения, что на конечные избираемые температуры рыб влияет множество факторов, из которых главными считаются сезон года, время суток, возраст животных, их физиологическое состояние и, по-видимому, ареал. Другие факторы, например токсиканты, наличие пищи, носят подчиненный характер.

Уже имеющиеся результаты в ряде случаев служат основанием для практических рекомендаций, рыбохозяйственных прогнозов и даже патентования. Так, известны патенты на способ и устройство для определения местонахождения рыбы в водоеме определенного типа, а также на способ выращивания лососевых рыб.

Среди работ последних лет, изобилующих фактическими данными, особенно следует выделить те, в которых явно просматривается

тенденция обобщить накопленный экспериментальный и литературный материал: поставить знак равенства между конечным термопреферендумом и эколого-физиологическим оптимумом, выявить возможные типы сезонной и возрастной динамики избираемых рыбами температур, увязать механизмы распределения рыб в гетеротермальной среде с распределением температур на биотопах и, наконец, разоб-
брать парадигму „конечного термопреферендума“ Фрая применительно к различным классам позвоночных.

В итоге большинство исследователей сходятся на том, что для определения адаптивной сущности конечного термопреферендума и его значимости в природе необходимы дальнейшие серьезные комплексные работы (экологические, генетические, биохимические, физиологические, этологические и др.).

В.К. Голованов

С.М. Успенский, Б.С. Малеванчик,
В.И. Сердюков

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ИСКУССТВЕННЫХ НЕРЕСТИЛИЩ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ

Для эффективности компенсационных мероприятий по сохранению естественного воспроизводства проходных и полупроходных рыб во внутренних водоемах важное значение имеет обеспечение их нерестилищами.

Известно, что при строительстве гидроузла значительная часть нерестилищ затопливается или становится непригодной для нереста в результате колебаний уровня воды и нестабильных гидравлических условий. По этим причинам рыбное хозяйство предъявляет требования по ограничению колебаний уровней воды как в водохранилищах, так и в нижних бьефах гидроузлов. Но и при выполнении этих требований эффективность нереста рыб на известных конструкциях отсыпных искусственных нерестилищ невелика из-за неприспособленности их к изменяющемуся гидрологическому режиму и заиляемости нерестового субстрата. Кроме того, строительство этих нерестилищ трудоемко, требует значительных капитальных затрат, больших объемов дефицитных строительных материалов (галька, гравий и др.).

К настоящему времени известны следующие типы искусственных нерестилищ: для фитофильных рыб – плавучие рамные, нерестовые гнезда, нерестилища-переметы; для литофильных рыб – насыпные, канального и руслового типов. В качестве субстрата для искусственных нерестилищ в большинстве случаев используют естественные материалы: гальку, ракушечник, корни растений, ветви ели, можжевельник. Анализ существующих конструкций показал, что их изготовление осуществить индивидуальными методами практически невозможно.

Обследование построенных искусственных отсыпных нерестилищ [1, 2] показало, что эффективность их использования невелика из-за заиления и загрязнения субстрата, очистка которого под водой затруднительна и трудоемка.

В Канаде и США получило распространение строительство нерестовых каналов. Описывая их конструкции, Клей [3] отмечает, что благодаря возможности сохранения в них относительно стабильных условий нереста и инкубации икры промысловый возврат горбуши и кеты увеличился более чем в 2 раза. Главные факторы, влияющие на эффективность нереста, – соблюдение необходимых глубин и скоростей течения, предотвращение заиляемости нерестилищ и

правильный подбор нерестового субстрата. Однако стоимость строительства и эксплуатации нерестовых каналов подобного типа весьма высока. Поэтому Гидропроектом совместно с ЦПКТБ ВРПО Запрыба была разработана и испытана новая конструкция нерестилищ из сборных панелей с облегченным искусственным субстратом.

Подготовка таких нерестилищ и очистка нерестового субстрата производится на берегу, а установка в водоток – непосредственно перед нерестом на наиболее благоприятных для него участках реки или водохранилища. Нерестовые поля заданного размера собираются из отдельных панелей. Поскольку последние могут быть погружены на любую глубину или подвешены на поплавках, то сохраняется возможность благоприятных условий нереста при колебаниях уровней воды в водохранилищах и в нижних бьефах гидроузлов. Нерестовые панели могут быть использованы для нереста практически всех видов рыб. Важная особенность разработанной нерестовой панели – возможность выполнять ее с необходимой формой субстрата и с заранее заданным и зафиксированным при изготовлении взаимным расположением его элементов.

Такая концентрация позволяет при изготовлении устанавливать размеры и форму зазоров между элементами субстрата и тем самым регулировать местоположение икры на панелях. При необходимости возможно устройство многослойной панели с различными функциями каждого слоя: верхнего – для стимулирования нереста производителей, последующих – для инкубации икры и первого этапа жизни личинок. В этом случае можно устанавливать определенное взаимное расположение указанных слоев и даже раздвигать их, создавая при этом пространство между ними, для улучшения условий сохранения и инкубации икры.

Разработка и обследование нерестовых панелей включали следующие этапы: создание принципиальной конструктивной схемы; подбор и исследование материалов для субстрата; изготовление опытных лабораторных образцов и их испытание; разработка технологии изготовления в условиях полигонов опытных образцов панелей; лабораторные и натурные биолого-инженерные испытания опытных образцов; создание промышленных образцов панелей.

Лабораторией синтетических материалов ЦПКТБ Запрыба была изучена группа силикатных материалов, на которых, как правило, нерестятся в естественных условиях многие виды рыб. Разработаны 4 типа конструкций нерестовых панелей, технологические схемы их изготовления и методы испытаний. Первые 2 типа имитируют мелкую и крупную гальку и предназначены для литофилов, например рыба-сырть, осетровых. Третий тип имитирует мелкую гальку с растительностью для нереста фитофилов, например леща и судака. Еще один тип панели с крупной галькой и с убежищами для бычков.

Первые испытания были проведены в бухте Тыстамаа Рижского залива при температуре от 10 до 17° и солености 5–7‰ в течение 38–40 суток. Обнаружено, что бентосные организмы (моллюски – *Theodoxus*, *Limnea*, *Cardium*; ракообразные – *Gammarus*

dae, Isopoda; насекомые - Chironomidae, Odonata larv; черви - Nereis) поселяются на всех видах панелей.

Работы по испытаниям искусственных нерестилищ из панелей проводились Гидропроектом совместно с ЦПКТБ Запрыбы, АзНИИРХОМ, ИЗМЭЖ им. А.П. Северцева АН СССР, Калининским политехническим институтом, Краснодарским отделением Гидрорыб-проекта, а также сотрудниками бассейновых управлений Главрыбвобда. Начиная с 1978 г. испытания опытных образцов нерестовых панелей уже осуществляются на реках Сал и Волга. Опытная проверка установила, что разработанные панели используются различными видами рыб как искусственные нерестилища.

Л и т е р а т у р а

1. Х о р о ш к о П.Н., В л а с е н к о А.Д. Искусственные нерестилища осетровых рыб. - *Вопр. ихтиол.*, 1970, т. 10, вып. 3(62), с. 411-420.
2. Х о р о ш к о П.Н., В л а с е н к о А.Д. Значение искусственных нерестилищ в воспроизводстве осетровых. - *Тр. ЦНИОРХ*, 1972, т. 4, с. 30-40.
3. K l a y S. Desigh of fishway and other fish facilities. Ottawa, 1961. 365 p.

Гидропроект им. С.Я. Жука

УДК 597.15

Л.К. М а л и н и н, Б.С. М а л е в а н ч и к

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ РЫБ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ РЫБОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Эффективный пропуск производителей рыб через плотину возможен при их достаточной концентрации непосредственно перед рыбопропускным сооружением.

Испытания Нижневолжского вододелителя показали, что заход осетровых в рыбопропускной шлюз начинается только на 2-4-й день после закрытия затворов плотины, когда наблюдается заметное увеличение численности рыб под плотиной.

Четкая связь между плотностью осетров в нижнем бьефе и их заходом в рыбоподъемник обнаруживается на Волжской ГЭС им. XXII съезда КПСС. Здесь через каждые 3-4 ч в течение 2 недель в 50-70 м ниже плотины нами проводились эхометрические съемки, по которым рассчитывалась численность рыб. Выбранный режим работы

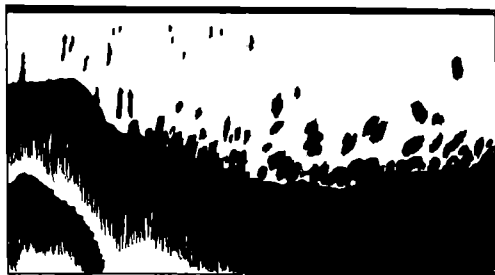
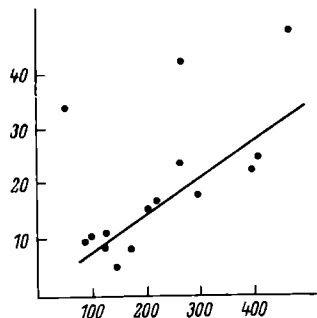


Рис. 1. Зависимость пропуска осетров от их концентрации перед рыбоподъемником Волжской ГЭС им. XII съезда КПСС.

По оси ординат – количество осетров, зашедших в рыбоподъемник, шт.; по оси абсцисс – численность рыбы на один эхометрический разрез, шт.

Рис. 2. Запись скопления осетровых.

эхолота позволял регистрировать главным образом наиболее крупных особей, преимущественно осетровых. При сравнении полученных данных с величинами пропуска рыб через рыбоподъемник видна прямая зависимость между этими показателями (рис. 1).

Биотелеметрические и эхометрические исследования показали, что после неудачных попыток пройти вверх мигранты скапливаются в определенных местах приплотинной зоны – зонах отставания. Большое значение для привлечения рыб имеет расположение рыбопропускных сооружений относительно таких зон. В нижнем бьефе Волжской ГЭС им. XII съезда КПСС основная зона отставания осетровых, так называемая „осетровая яма“, в которой концентрируется до 90% рыб, находится ниже и несколько в стороне от рыбоподъемника. Из-за большой разницы в глубинах (перепад 8–10 м) резко снижается привлечение рыб в рыбоподъемник днем. Это можно проиллюстрировать эхограммой разреза от входных лотков к „осетровой яме“ (рис. 2). В рыбоподъемник в основном заходят особи, которые подходят снизу, ориентируясь на границу транзитного потока. Ночью двигательная активность осетровых возрастает. Рыба от дна поднимается в толщу воды и чаще попадает в зону влияния привлекающей струи воды из рыбоподъемника, что отражается на увеличении рыбопропуска.

Судя по гидроакустическим наблюдениям, численность осетровых под плотиной Саратовской ГЭС составляет 1–2 тыс. особей. Столь малая численность рыб наряду с конструктивными недостатками рыбоподъемника этого гидроузла обуславливает слабый пропуск рыб в Саратовское водохранилище, исчисляемый несколькими сотнями особей за год.

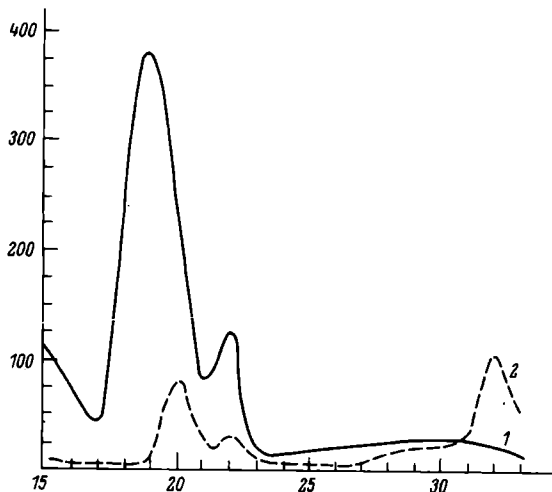


Рис. 3. Соотношение сетных уловов (1) и привлечения сырты (2) в плавучий рыбоуловитель Рижской ГЭС в июле-августе 1979 г.

По оси ординат — количество рыб, шт.; по оси абсцисс — дата.

Краснодарский механический рыбоподъемник — одно из наиболее эффективных рыбопропускных сооружений. Учет биологических требований при выборе места его расположения в системе гидроузла, в конструкции и принятой технологической схеме работы обеспечивает массовое привлечение различных видов рыб в рыбоуловитель. Ежегодно в верхний бьеф Краснодарского гидроузла пропускается около 1 млн. штук частичковых рыб, концентрации которых в нижнем бьефе достаточно велики. В то же время заход осетровых в рыбоуловитель единичен, так как их основная масса задерживается перед нижележащей Федоровской плотиной, не имеющей действующего рыбопропускного сооружения. Проход осетровых через Краснодарский рыбоподъемник заметно возрастает только в периоды полного открытия затворов Федоровской плотины и пропуска через нее рыб.

Прямая связь между концентрацией рыб и величиной их привлечения характерна и для работы передвижных рыбопропускных сооружений (рис. 3). По данным контрольных обловов БалтНИРХа и Балтрыбвода, в июле-августе 1979 г. через рыбохозяйственный створ Рижской ГЭС (р. Даугава), где расположен плавучий рыбоуловитель, прошло около 3,4 тыс. экз. сырты. В рыбоуловитель же было привлечено 780 рыб, т.е. примерно 24%. Можно сказать, что эффективность работы этого сооружения удовлетворительна, но она может быть выше, если будет более надежно работать заграждающее устройство. Наши наблюдения показали, что даже неполное перекрытие реки понтоном мостом от берега к плавучему рыбоуловителю обуславливает временную задержку сырты, что приводит к

увеличению ее концентрации перед накопителем. Сочетание световых, звуковых и гидравлических факторов вблизи понтонов при малых глубинах, вероятно, отпугивает рыб, вызывая временное прекращение миграции.

Итак, по всем исследованным гидроузлам отмечается прямая корреляционная связь между плотностью рыб в зонах привлечения и их заходом в рыбопропускное сооружение. Из этого следует, что эффективность рыбопропуска можно увеличить путем искусственного повышения концентрации рыб перед такими сооружениями. Достигнуть этого можно установкой рыбозащищающего устройства в створе расположения рыбоаккумулятора или созданием гидравлической структуры потока, при которой мигрирующие особи будут вынуждены перемещаться и концентрироваться не по всей ширине русла, а лишь в зоне расположения рыбоаккумулятора.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР
Институт „Гидропроект“ им. С.Я. Жука

УДК 597.442.08:626/627

А.Г. Поддубный, Л.К. Малинин,
Г.А. Батычков, В.Г. Терещенко

ОПЫТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ОСЕТРОВЫХ ПОД ПЛОТИНОЙ ВОЛЖСКОЙ ГЭС им. XXII СЪЕЗДА КПСС

В 1977-1978 гг. в нижнем бьефе Волжской ГЭС им. XXII съезда КПСС были проведены комплексные эхометрические и биотелеметрические исследования распределения и численности производителей осетровых. Методика биотелеметрических наблюдений описана нами ранее [2]. В качестве приемного устройства использовали аппаратуру „Пеленг“, разработанную Физико-механическим институтом АН УССР, и приемный тракт гидролокатора „Леш“. Всего было помечено 20 осетровых (13 самцов и 7 самок) длиной 105-147 см. Для мечения использовались ультразвуковые передатчики диаметром 2 см, длиной 6 см. Место выпуска меченых рыб находилось в стороне от основного потока - в 2,5 км ниже плотины гидроузла. 5 особей прослеживались индивидуально, остальные 15 рыб были выпущены одновременно. Места их нахождения определялись через каждые 2-4 ч только в светлое время в течение 8 суток.

Эхометрические съемки проводились с помощью гидролокатора „Леш“ и эхолота „Язь“ по стандартной схеме поперечных разрезов через каждые 50-100 м длины реки 4-5 раз в сутки. Места длительных остановок меченых рыб обследовались гидролокатором.

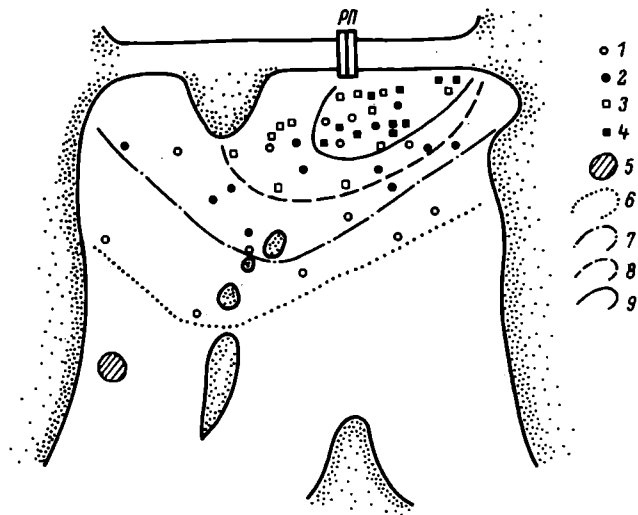


Рис. 1. Распределение меченых осетров под плотиной Волжской ГЭС им. XXII съезда КПСС.

1 - в 1-й день выпуска, 2 - во 2-й, 3 - в 3-й, 4 - в 4-й, 5 - место выпуска меченых рыб, 6 - зона перемещения рыб в 1-й день, 7 - то же во 2-й день, 8 - в 3-й, 9 - в 4-й.

Все меченые рыбы почти сразу же после выпуска начали медленный подъем вверх по течению. Ската отмечено не было. В первый день район перемещения меченых рыб охватывал всю приплотинную зону, на второй он уменьшился в 1,5-2 раза. В последующие дни наблюдений все подопытные особи регистрировались только в непосредственной близости от плотины, в основном в 100-200 м ниже водослива (рис. 1). Другие элементы поведения (ритмика активности, движение вверх с последующим кратковременным скатом, скорость плавания) существенно не отличались от данных исследований прошлых лет [1].

Эхометрическая съемка показала, что под водосливной плотиной образуется очень плотная концентрация осетровых на участке 300х300 м при общей ширине реки более 2 км. В отдельные дни здесь сосредоточивалось до 90% всех осетровых, задержанных в приплотинной зоне. Резкие возрастания плотности рыб под водосливной плотиной можно видеть из эхограммы поперечного разреза (рис. 2). Переход от плотности 0,05 к 0,1 шт./м² происходит на расстоянии 30-60 м.

Для оценки общей численности осетровых под плотиной каждый эхометрический разрез разбивался на отрезки по 50 м, на которых рассчитывалась поверхностная плотность рыб. Картограмма изолиний равных плотностей рыб приплотинной зоны на 10-15 августа 1977 г.



Рис. 2. Запись распределения осетров по поперечному сечению приплотинной зоны.

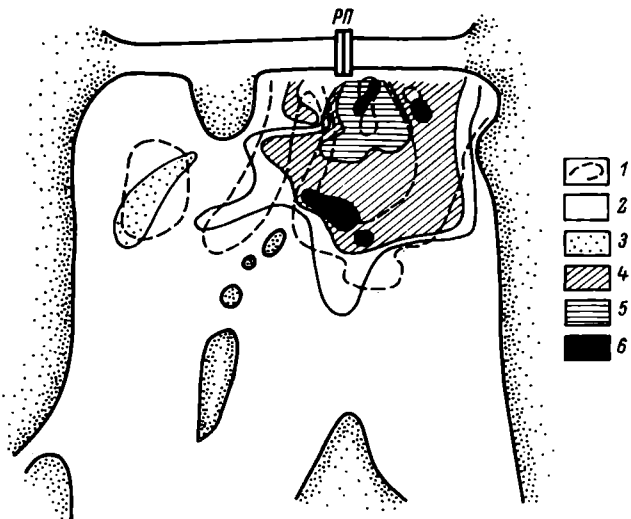


Рис. 3. Плотность осетров в приплотинной зоне.

1 - углубления дна, 2 - плотность рыб на 500 м² менее 1 шт., 3 - то же 1-10, 4 - 10-30, 5 - 30-50, 6 - то же более 50 шт.

показывает, что плотность осетров варьирует от 0,02 до 0,1 шт./м² (рис. 3). В отдельных местах ниже водосливной плотины эта величина достигала 1 шт./м². Рассчитанная по плотности общая численность осетровых под плотиной ГЭС составила 57±24 тыс. особей.

Обращает на себя внимание, что основная концентрация осетровых находится на более глубоком участке приплотинной зоны в стороне от основного потока воды ГЭС. Круглосуточные эхометрические наблюдения с неподвижно стоящего катера показали, что плотность рыб на одном и том же участке варьирует в соответствии с суточным ритмом их двигательной активности. Наибольшая плотность отмечается днем, когда рыба придерживается преимущественно придонных горизонтов воды. С заходом солнца осетры поднимаются от дна в толщу воды и распределяются на значительно большей акватории, чем днем. За счет этого их плотность ниже водосливной плотины заметно уменьшается. Численность осетровых целесообразно определять в светлое время суток, когда рыба менее подвижна и сосредоточена на ограниченной площади.

Весной при работе водослива распределение осетровых в приплотинной зоне более равномерно, так как поток воды разбивает основное скопление рыб и они распределяются по всей акватории. Значительная масса осетровых сосредотачивается на месте бывшего русла под насыпной дамбой. Подсчет их фактической численности в это время затрудняется тем, что в мощном потоке от водосливной плотины, даже в отдалении от гидроузла, возникают сильные акустические помехи от пузырьков воздуха, маскирующие эхотметки от рыб.

Летом, в периоды резкого похолодания и особенно после ливневых гроз, численность осетровых под плотиной резко уменьшается. Наблюдения показали, что значительная часть рыб скатывается на 3-10 км вниз и сосредотачивается на русловых участках реки. Поэтому эхометрические исследования только в приплотинной зоне не отражают действительной картины численности осетровых, подошедших к плотине.

Проведенная работа показала принципиальную возможность определения численности мигрирующих особей ценных рыб в районах гидроузлов и позволила выявить методические особенности исследований, которые необходимо строго учитывать при организации соответствующей службы срочных наблюдений.

Л и т е р а т у р а

1. П о д д у б н ы й А.Г. Экологическая топография популяций рыб в водохранилищах. Л., 1971. 312 с.
2. П о д д у б н ы й А.Г., М а л и н и н Л.К., С п е к т о р Ю.И. Биотелеметрия в рыбохозяйственной науке и практике. М., 1979. 189 с.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР
Волгоградское отделение ГосНИОРХ

УДК 597-151:626/627

Л.К. М а л и н и н, В.Д. Л и н н и к,
В.Г. Т е р е щ е н к о, М.И. Б а з а р о в

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ РЫБ ПОД ПЛОТИНОЙ САРАТОВСКОЙ ГЭС

В августе 1977 г. и в мае 1978 г. нами были проведены гидроакустические исследования распределения и плотности рыб в приплотинной зоне нижнего бьефа Саратовской ГЭС. Работы проводились с помощью гидролокатора „Леш“.

Судя по уловам, под плотинной наиболее многочисленны судак, жерех, лещ, стерлядь, чехонь. Уловы осетров единичны. Как показали эхометрические съемки, распределение рыб в приплотинной зоне в период паводка имеет мозаичный характер. Выделяются отдельные, сравнительно небольшие по площади участки, где плотность рыб в 5–10 раз выше, чем на остальной акватории. Наиболее плотная концентрация (до 0,15 шт./м²) отмечалась в 0,8–1,2 км ниже ГЭС (рис. 1, а). Здесь отдельные скопления располагались в виде вытянутых вдоль потока овалов. В 500–600 м ниже гидроузла плотность рыб составляла 0,03 шт./м². С достаточным основанием можно сказать, что верхняя граница этой плотности соответствует „линии предельных скоростей“ [7] течения, которые могут выдерживать эти рыбы. Выше этой линии плотность рыб была почти на порядок меньше, т.е. в зону высоких скоростей течения проникают только единичные особи. Скорость течения в районе таких скоплений достигала 1,5–2,0 м/с.

Обращает на себя внимание образование плотных скоплений рыб в 150–200 м ниже ГЭС в районе рыбоподъемника, на участках со скоростью течения 0,4–0,7 м/с. Анализ гидрологических условий в период наших работ показал, что данная концентрация рыб расположена между двумя потоками воды: от водосборных устройств и от работающих агрегатов ГЭС. Это обусловило столь близкий подход рыб к плотине. Интересно, что и скопления рыбы здесь вытянуты вдоль реки в виде узкой ленты шириной 100–150 м в соответствии с краевой зоной основного потока от ГЭС. Это совпадает с данными лабораторного эксперимента по распределению рыб в гидравлической установке по компановочной схеме Саратовской ГЭС [4] и результатам наших ранних телеметрических наблюдений на этом гидроузле [2].

Совершенно иной характер распределения рыб отмечался в межженный период, когда скорости течения уменьшились в 1,5–2 раза. Верхняя граница основных скоплений (плотность 0,03 шт./м²) приблизилась к плотине на расстояние 300–400 м. Здесь скорости течения варьировали в пределах 0,7–1,4 м/с. Хотя мозаичность распределения сохраняется, плотность рыб в приплотинной зоне летом более равномерна (рис. 1, б). Скопления рыб с наибольшей плотностью в отличие от паводкового периода расположены чаще не вдоль, а поперек потока и находятся примерно на тех же участках, что и весной, в 1,0–1,2 км ниже плотины. Эхометрические съемки в августе 1977 г. показали, что численность крупных рыб, соизмеримых с размерами осетров, очень мала, по ориентировочной оценке не более 2 тыс. особей. При такой небольшой численности трудно выявить места их наибольшей концентрации. Можно лишь отметить, что в отдельные периоды подобные рыбы регистрировались лишь в районе рыбоподъемника.

Во время сброса паводковых вод в мае отдельные крупноразмерные особи регистрировались по обе стороны агрегатной части плотины вблизи краевых зон потоков от водосбросных устройств.

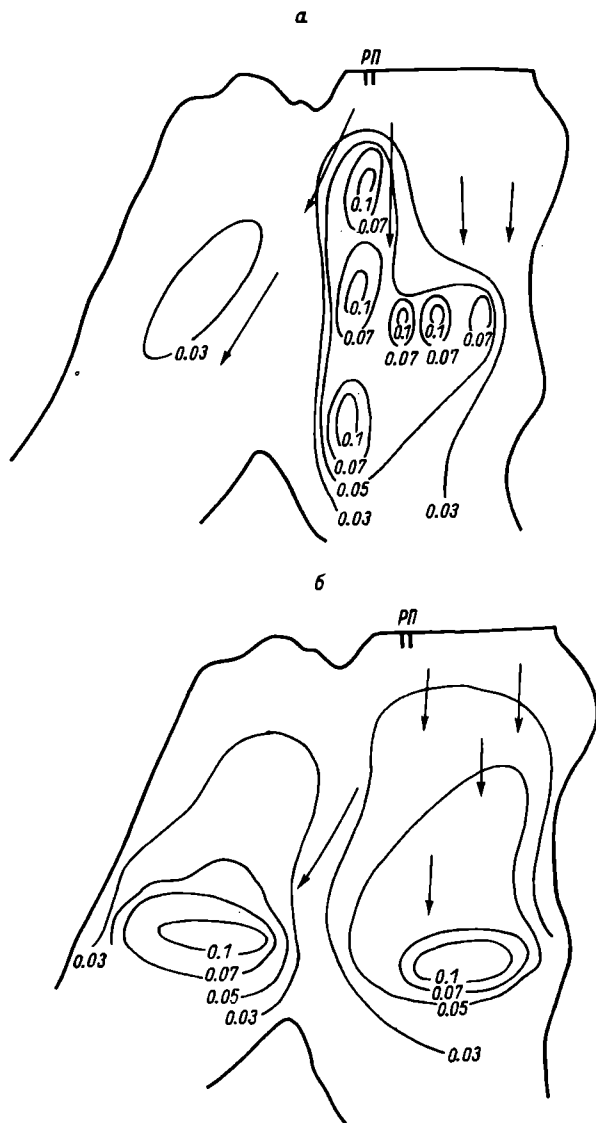


Рис. 1. Плотность рыб под плотиной Саратовской ГЭС, шт./м².
а - в мае, б - в августе; стрелки - направление потока.

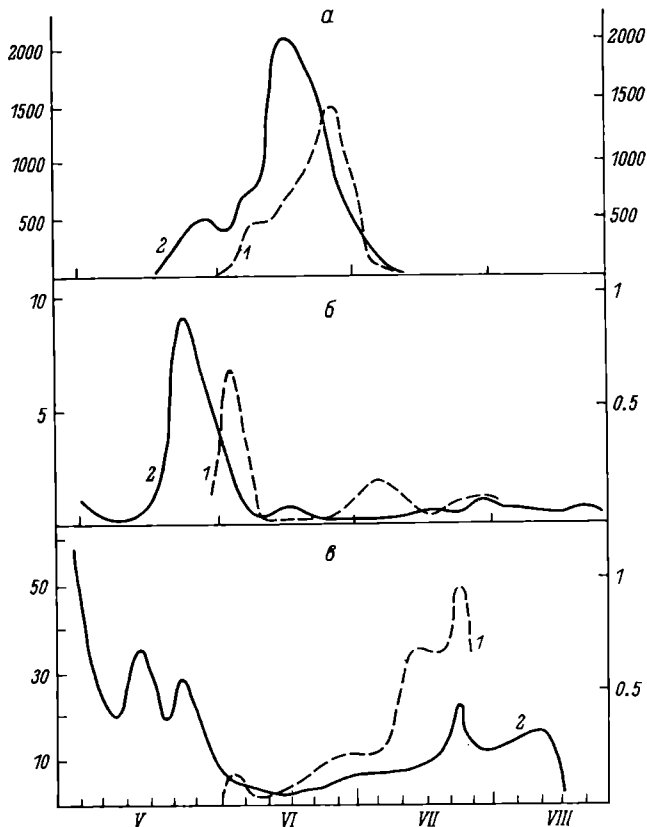


Рис. 2. Ритмика захода рыб в рыбоподъемники Волжской ГЭС им. XII съезда КПСС (1) и Саратовской ГЭС (2).

а – сельдь, б – белорыбца, в – осетр. По оси ординат – количество рыб (шт.) на одно шлюзование (слева – по Волжской, справа – по Саратовской ГЭС); по оси абсцисс – пятидневки месяцев.

Саратовский рыбоподъемник в верхний бьеф пропускает как туводных местных, так и проходных рыб (сельдь, осетра, белорыбцу), уже прошедших через рыбоподъемник нижележащей Волжской ГЭС им. XII съезда КПСС. Поэтому определенный интерес представляет сравнение работы этих рыбопропускных сооружений. Из графиков пропуска проходных рыб обоими рыбоподъемниками за 1977 г. можно видеть, что динамика захода сельди в оба сооружения сходна, но со сдвигом на 9 суток (рис. 2). Расстояние между гидроузлами известно. Отсюда получаем, что скорость миграции

сельди составляет 48 км/сутки. Подобное сравнение для белорыбницы дает величину 43 км/сутки. По данным Г.В. Никольского [3], в р. Волге до ее зарегулирования сельдь мигрирует со скоростью 20–36 км/сутки. В пересчете на фактическую скорость это дает величину 0.92–1.83 м/с [5]. Принимая среднюю скорость течения в водохранилище, равную 0.3 см/с и время миграции сельди не более 16 ч, получаем, что фактическая скорость плавания сельди составляет 1.13 м/с, т.е. вполне соответствует таковой на незарегулированной части реки. Это свидетельствует о высокой ориентационной способности сельди в условиях слабопроточных водохранилищ. Иная картина отмечается для осетра. Графики пропуска этого вида схожи по форме, без сдвига во времени (рис. 2). Резкое возрастание пропуска осетра Волгоградским рыбоподъемником весной почти не отражается на работе Саратовского рыбопропускного сооружения. Это говорит о том, что значительная часть осетров задерживается в водохранилище, где по данным телеметрических наблюдений они успешно ориентируются [6]. Причина длительной задержки осетров в Волгоградском водохранилище до конца не выяснена. Возможно, это связано с резорбцией половых продуктов у части производителей в нижнем бьефе Волжской ГЭС им. XXII съезда КПСС, отсутствием нерестовых температур и колебаниями уровня в нижнем бьефе Саратовской ГЭС [1] или поиском пригодных для размножения участков в притоках после восстановления резорбированных половых продуктов.

В водохранилище имеются неплохие условия для нагула осетров, поэтому производители способны существовать в нем длительное время. Таким образом, возрастание пропуска рыб Саратовским рыбоподъемником в августе обусловлено не увеличением пропуска нижележащим сооружением, а подходом к плотине осетров, задержавшихся в водохранилище.

Л и т е р а т у р а

1. Д о л и д з е Ю.Б., Д у б и н и н В.И., Л у к ъ я н е н к о В.И., С у х о п а р о в а А.Д. Биологическая характеристика русского осетра Волгоградского водохранилища. – В кн.: Осетровое хозяйство внутренних водоемов СССР. Астрахань, 1979, с. 69–71.
2. М а л и н и н Л.К., П о д д у б н ы й А.Г., Г а й д у к В.В. Стереотипы поведения волжского осетра в районе Саратовской ГЭС до и после зарегулирования реки. – Зоол. ж., 1971, т. 50, № 6, с. 847–857.
3. Н и к о л ь с к и й Г.В. Частная ихтиология. М., 1954. 470 с.
4. Н у с е н б а у м Л.М., Л е б е д е в а Л.М., З а л м а н о в а Н.Е., Н а т а н з о н М.М. О закономерностях распределения ранней молоди рыб в аванкамере рыбозащитного

устройства типа плоской сетки с рыбоотводом. - В кн.: Биологические основы применения рыбозащитных сооружений. М., 1979, с. 112-124.

5. П а в л о в Д.С. Биологические основы управления поведением рыб в потоке воды. М., 1979. 318 с.
6. П о д д у б н ы й А.Г. Экологическая топография популяций рыб в водохранилищах. Л., 1971. 309 с.
7. Т и х и й М.В., В и к т о р о в П.В. Запасы рыб и гидростроительство. М., 1940. 200 с.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 597.442.08

А.Г. П о д д у б н ы й, Л.К. М а л и н и н,
Б.С. М а л е в а н ч и к, В.Д. Л и н н и к

ЧИСЛЕННОСТЬ СЫРТИ (VIMBA VIMBA) В НИЖНЕМ БЬЕФЕ РИЖСКОЙ ГЭС

Сооружение Рижской ГЭС нарушило пути миграции проходных рыб в р. Даугаве и ухудшило условия их воспроизводства. В наибольшей степени пострадала популяция сырти, для которой характерен многократный нерест. Наиболее жизнестойкое потомство дают особи, нерестящиеся в 3-4-й раз [1]. Поэтому для сохранения популяции сырти в условиях зарегулирования реки необходимо наряду с развитием искусственного воспроизводства сохранить и естественное размножение рыб. С этой целью в нижнем бьефе Рижской ГЭС в 1979 г. сооружен рыбохозяйственный комплекс, обеспечивающий накопление и транспортировку производителей сырти через плотину на сохранившиеся нерестилища.

Для оценки плотности и особенностей распределения рыб в зоне рыбохозяйственного створа в 1975-1979 гг. нами были проведены биотелеметрические и эхометрические исследования. Прослежен путь 10 особей сырти, меченных ультразвуковыми передатчиками; сделано более 400 эхометрических съемок по 28 разрезам на участке реки длиной 10 км. Методика этих исследований описана ранее [2, 4]. Оценка плотности рыб по эхометрическим записям гидролокатора „Лещ“ показала, что численность рыб в нижнем течении р. Даугавы с 1975 по 1979 г. существенно уменьшилась, особенно на участке рыбохозяйственного створа (см. таблицу). Судя по уловам, флуктуации численности туводных рыб здесь не столь значительны, а уменьшение общей численности рыб во время нерестовой миграции в основном связано с изменениями нерестовой популяции сырти, как наиболее массовой из проходных рыб этого района.

Удаление от рыбохозяйственного створа, км	Плотность рыбы, шт./га			
	1X 1975	X 1976	VII 1977	У 1979
0-05	300-450	20-160	до 300	30-110
3-4	240-400	80-290	250-420	20-150
7-8	>1000	250-800	700-1200	≈ 500

Контрольные обловы позволили установить, что в районе рыбохозяйственного створа сырть в мае 1979 г. составляла 20-40% от общего количества рыб. Расчетная численность ее на участке реки длиной 1 км колебалась от 0,8 до 1,6 тыс., а общая численность в нижнем бьефе - от 10 до 15 тыс. особей.

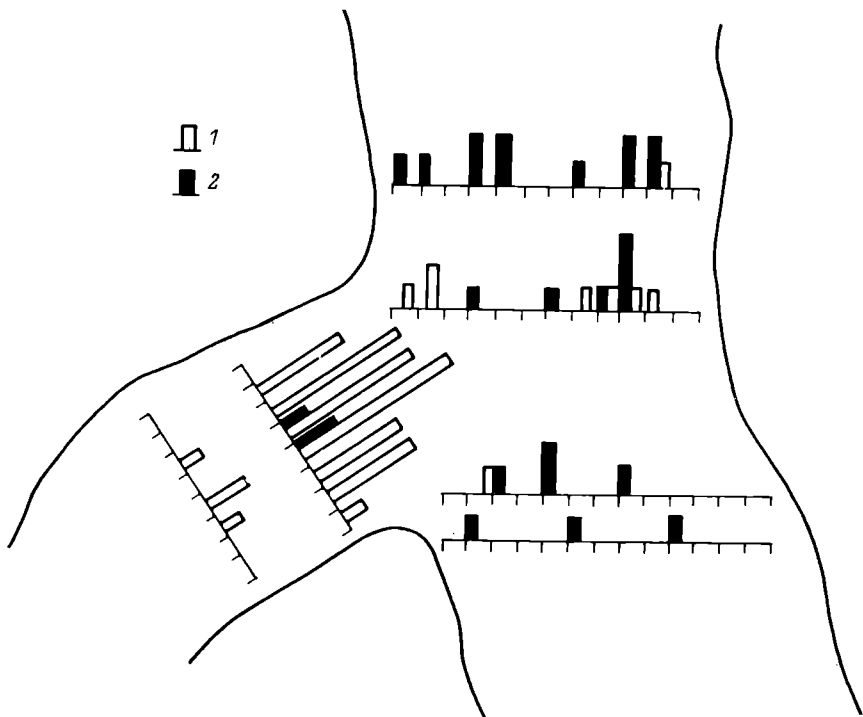
Основная причина столь низкой численности нерестовой популяции сырти в период весеннего хода 1979 г. - резкое ухудшение условий воспроизводства этого вида после перекрытия реки плотинной ГЭС. Некоторое влияние на заход сырти с моря в реку в этом году мог оказать и большой паводок. Известно, что в многоводные годы уловы сырти в реке всегда были ниже среднееголетних [3].

Район рыбохозяйственного створа характеризуется сравнительно небольшими глубинами (до 5 м) и неустойчивыми течениями, определяемыми работой ГЭС. В нижнем бьефе скорости течения варьируют от 0 до 1,8 м/с.

Образование скоплений рыб обнаружено в местах резкого изменения глубин. Здесь гидролокатор регистрирует как отдельных особей, так и их стаи.

Когда в районе рыбохозяйственного створа течений нет или они ничтожно малы, рыба распределяется почти равномерно по всему течению реки. Активизация ее движения вверх отмечается при скорости течения 0,2-0,6 м/с, а при повышении скорости до 0,8 м/с происходит смещение рыбы в прибрежье. Зона наибольшей плотности рыб в этих условиях занимает прибрежную полосу шириной 70-130 м при общей ширине реки около 0,6 км. При дальнейшем увеличении скорости течения рыба концентрируется в еще более узкой прибрежной полосе (30-70 м). Крупные особи, составляющие 10-20% от общего числа сырти, способны противостоять потоку и в центральной части реки. Данные эхометрических съемок хорошо согласуются с телеметрическими наблюдениями за перемещениями меченых рыб. При отсутствии движения воды или слабом течении меченые сырти перемещались как в прибрежье, так и по центру реки. Увеличение скорости течения до 0,7-0,8 м/с вызывало снос рыбы вниз или уход в прибрежье.

В мелководном заливе (бывшей р. Сауса), расположенном у левого берега, при стоячей воде или течении до 0,5 м/с гидролокатор прописывает в 2-4 раза меньшее количество рыб, чем в основном



Горизонтальное распределение сырти в р. Даугава..

1 - при 0.7-0.9 м/с, 2 - при 0-0.4 м/с. Высота столбика соответствует одной особи.

потоке. Судя по уловам, это местные туводные виды: щука, голавль, окунь, лещ. Сырть в этих условиях мигрирует вверх вдоль правого берега и в центральной зоне реки (см. рисунок), ориентируясь на поток воды от ГЭС. При интенсивной работе ГЭС и увеличении течения с 0.5 до 0.8-1.0 м/с плотность рыб у входа в залив резко возрастает, достигая величины 0.01 шт./м³. Здесь образуется скопление рыб с преобладанием сырти, неспособной противостоять потоку и скатившейся из приплотинной зоны ГЭС.

Анализ эхограмм, полученных ниже рыбохозяйственного створа, показал, что по мере удаления от створа вниз влияние режима работы ГЭС на пространственное распределение рыб уменьшается. Так, в районе наибольшей плотности рыб в 7-8 км ниже створа их распределение определяется уже не течениями, а рельефом дна. Вполне допустимо, что наибольшая концентрация рыб (см. таблицу)

здесь обусловлена задержкой дезориентированных проходных рыб в периоды отсутствия встречного течения.

Полученные сведения убеждают в необходимости скорейшей интенсификации работ по воспроизводству сырти и дают конкретную информацию о сроках и местах отлова производителей для последующего их использования в рыбоводных целях.

Л и т е р а т у р а

1. М а л и к о в а Е.М. К вопросу о сохранении запасов и промысла ценных пород рыб в связи с зарегулированием р. Даугавы. – В кн.: Рыбохозяйственные исследования в бассейне Балтийского моря. Рига, 1966. № 1, с. 61–75.
2. П о д д у б н ы й А.Г., М а л и н и н Л.К., С п е к т о р Ю.И. Биотелеметрия в рыбохозяйственной науке и практике. М., 1979. 192 с.
3. С п и р и н а Л.И. Состояние запасов сырти Рижского залива в условиях современного регулирования промысла. – В кн.: Рыбохозяйственные исследования в бассейне Балтийского моря. Рига, 1968, сб. 4, с. 183–199.
4. Ю д а н о в К.И. Расшифровка эхограмм гидроакустических рыбопоисковых приборов. М., 1967. 116 с.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР
Гидропроект им. С.Я. Жука

УДК 597–15:626/627

А.Г. Т е п л я к о в а, С.И. Г л е й з е р,
В.В. Ф е д я й

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ И ПОВЕДЕНИЕ МОЛОДИ ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ

Быстро меняющееся гидростатическое давление может вызывать гибель большого количества молоди рыбы во время ската через тракты гидротурбин [1, 2].

Исследовалась зависимость поведения и выживания молоди рыб от гидростатического давления. В экспериментах использовалась молодь 2 размерно-возрастных групп: плотва и лещ длиной 12–28 мм, карась, карп, осетр длиной 60–135 мм. Примененная в работе барокамера позволяла осуществлять погружение на глубину до 100 м (10 атм). Состояние рыб регистрировалось при их погружении в

прозрачный сосуд с площадью дна 0.15x0.2 м и высотой 0.75 м, помещаемый в барокамеру. Быстрые, до 1 атм/с, изменения давления в пределах 10 атм воспроизводились в стальном сосуде объемом 40 л и диаметром 0.18 м. Температура воды в сосуде во время экспериментов менялась в пределах 17–20°. Объем воздуха в сосуде для быстрых изменений давления не превышал 4 л. Изменения количества тепла в этом объеме газа за 10–20 с эксперимента практически не отклоняли температуру воды от 18°.

Проведенные эксперименты показали, что компрессия неадаптированной молоди рыб со скоростью от 0.0016 до 1 атм/с существенно не влияет на ее состояние. Во время медленной компрессии наблюдается повышение двигательной активности, которое, видимо, компенсирует потерю плавучести, а также активное всплытие рыб к поверхности для заглатывания воздуха. Открытопузырные рыбы (осетры длиной 65–135 мм, особи плотвы и леща – 12–28 мм) во время разных режимов компрессии, как правило, не теряли нейтральной плавучести.

При более быстрых режимах компрессии (скорость до 0.3 атм/с) целесообразность двигательных реакций рыб не проявлялась, их поведение выглядело как общее беспокойство в течение всего периода компрессии. Молодь белого амура, карпа и взрослые особи колюшки воспринимали первый момент компрессии как гидродинамический удар, проявляя оборонительную реакцию, включающую резкие броски с последующим затаиванием в средних слоях воды сосуда.

Значительная часть экспериментов была проведена по схеме: компрессия (равномерное погружение на глубину), изокомпрессия (удерживание рыб при установившемся давлении), декомпрессия (равномерный подъем с глубины). В условиях, когда время изокомпрессии не превышало 2–3 ч, даже при быстрых режимах декомпрессии рыбы всегда сохраняли внешне нормальное состояние. При визуальном осмотре тела особей, прошедших весь цикл изменения давления, наблюдались только локальные гематомы под чешуей и в плавниках как следствие нарушения целостности капилляров. Из покрывающей тело рыбы слизи и на плавниках во время декомпрессии выделялись пузырьки газа, которые были тем обильнее, чем дольше молодь находилась в условиях повышенного давления. Следует отметить, что указанные пузырьки воздуха в ткани плавников и точечные гематомы рассасывались через 2–3 ч после окончания эксперимента.

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что состояние рыб в условиях меняющегося давления определяется прежде всего временем воздействия, т.е. временем изокомпрессии, в течение которого устанавливается насыщение ткани рыбы газами соответственно уровню их парциального давления. Критическая продолжительность изокомпрессии зависит от величины давления, размера рыб и их дыхательной активности и, возможно, от температуры воды.

Состояние молоди рыб после 24-часовой адаптации
к гидростатическому давлению и последующей декомпрессии

Длина тела, мм	Количе- ство молоди, шт.	Гидростатическое давление		Состояние рыб после декомпрессии при нор- мальном давлении
		в период адаптации, атм	скорость декомпрес- сии, атм/с	
К а р а с ь				
70-115	9	10	0,005	Все живы; гематомы в плавниках Погибло 30% от газо- вой эмболии и баро- травмы пузыря Гибель всех рыб от баротравм и газовой эмболии То же " "
	15	10	0,0066	
	11	10	0,05	
	7	6	0,05	
	6	3	0,05	
К а р п				
70-100	6	10	0,005	Все живы; гематомы в плавниках Гибель всех рыб от газовой эмболии
	8	3	0,05	
О с е т р				
60-135	10	10	0,033	Гибель всех рыб от газовой эмболии То же Погибло 25% Погибло 38% Погибла одна рыба, остальные активны Все живы и активны
	8	6	0,013	
	8	3	0,025	
	8	3	0,1	
	15	1	0,06	
	8	1	0,09	
Л е щ				
12-28	39	10	0,005	Гибель всех рыб от газовой эмболии и баротравмы пузыря То же " " Погибло 67% рыб
	30	6	0,05	
	34	3	0,05	
	12	1	0,1	
П л о т в а				
12-24	46	10	0,005	Гибель всех рыб от газовой эмболии То же " " Погибло 57% рыб
	52	6	0,05	
	47	3	0,05	
	14	1	0,1	

С учетом изложенного дальнейшие исследования проводились на молоди рыб, прошедшей длительную адаптацию к условиям постоянного повышенного давления. После 24-часовой адаптации молодь различных видов подвергалась воздействию декомпрессии, проводимой со скоростью от 0.005 до 0.1 атм/с.

Анализ экспериментальных данных показал, что молодь закрытопузырных рыб (каarp, карась) размерами 70–115 мм реактивна к изменению гидростатического давления, т.е. скорости декомпрессии вне зависимости от исходной глубины погружения и длительности адаптации (см. таблицу). При скорости 0.05 атм/с (скорость подъема из глубины к поверхности 0.5 м/с) в экспериментах наблюдается полная гибель молоди карася при декомпрессии с любой глубины, а при 0.005 атм/с (0.05 м/с) и глубине 100 м (10 атм) все особи остаются живыми. Для молоди карпа тех же размеров наблюдается аналогичная картина: подъем с максимальной глубины со скоростью 0.005 атм/с переносится рыбами удовлетворительно, а с меньшей глубины (30 м), но с более высокой скоростью – 0.05 атм/с (0.5 м/с) сопровождается гибелью всех особей. Порог безопасной скорости подъема с глубины до 100 м для закрытопузырных рыб данного размера лежит, по-видимому, в интервале 0.005–0.006 атм/с (0.05–0.06 м/с). Молодь открытопузырных рыб (осетр) размерами 60–135 мм реагирует прежде всего на исходную глубину погружения и длительную адаптацию. Возможно, что влияние на нее скорости подъема будет наблюдаться в каких-то других диапазонах. Данные проведенных экспериментов свидетельствуют о наличии пропорциональной зависимости между количеством погибших особей осетра и исходной глубиной погружения перед подъемом. Пороговой для безопасного подъема адаптированной молоди осетра указанной длины является глубина 10–20 м (гидростатическое давление 1–2 атм). Таким образом, установлена различная реакция открытопузырных и закрытопузырных рыб близких размеров на фактор гидростатического давления.

Для молоди рыб меньших размеров (12–28 мм) примененные диапазоны глубин и скоростей подъема были почти одинаково детальны. Видимо, пороги ее безопасного подъема лежат ниже использованных нами значений параметров гидростатического давления. По данным В.И. Цветкова [2], ранняя молодь закрытопузырных рыб проходит стадию открытого плавательного пузыря и у нее весьма вероятно проявление реакций, характерных как для закрытопузырных, так и для открытопузырных рыб.

Л и т е р а т у р а

1. К р и с с А.Е. Жизненные процессы и гидростатическое давление. М., 1973. 247 с.

2. Цветков В.И. Реакция рыб на изменения давления и некоторые особенности их гидростатики. – В кн.: Основные особенности поведения и ориентации рыб. М., 1974. 216 с.

Калининградский
государственный университет

УДК 597-151:626/627

Д.С. Павлов, В.К. Нездолый

О ТРАВМИРОВАНИИ МОЛОДИ РЫБ ПРИ СКАТЕ ЧЕРЕЗ НИЗКОНАПОРНЫЕ ГИДРОУЗЛЫ

Строительство плотин и создание водохранилищ резко меняют условия существования рыб, в том числе и условия покатной миграции молоди многих видов. Одна из сторон такого влияния – изменение характера покатной миграции и гибель молоди при прохождении турбин ГЭС, водосливов плотин и шлюзовых камер. Однако это явление мало изучено, а сам факт массовой гибели хорошо доказан лишь для высоконапорных плотин.

С целью выяснения особенностей покатной миграции молоди рыб из водохранилищ нами проведено рекогносцировочное обследование 3 низконапорных плотин – Ивановской, Угличской, Рыбинской.

Собранный материал показал не только наличие ската молоди, но и ее травмирование. Последнее не подтверждает мнение о благополучном скате молоди на низконапорных плотинах, например на Рыбинской [1].

Отлов молоди рыб осуществлялся нестандартной конусной сетью из капронового сита № 13 с площадью входного окна 0.2 м² в нижнем бьефе плотины во время пусков ГЭС. Большие скорости течения при работе ГЭС позволяли производить пассивный отлов молоди по схеме, описанной ранее для речных условий [2].

За время работ проведено 6 активных и 18 пассивных ловов, отловлено соответственно 65 и 42 экз. молоди рыб, принадлежащих к 3 семействам: корюшковые – снеток [*Osmerus eperlanus* m. *spirinchus* (Pallas)], карповые – плотва [*Rutilus rutilus* (L.)] и лещ [*Abramis brama* (L.)], окуневые – ерш [*Acerina cernua* (L.)].

На всех 3 обследованных плотинах обнаружен скат молоди из водохранилища: из Ивановского скатывалась молодь леща (30 мм), плотвы (15–20 мм) и ерша (25–63 мм), из Угличского – снетка (35–75 мм) и ерша (25–65 мм) (см. таблицу).

Скат молоди из Ивановского и Рыбинского водохранилищ в августе 1978 г. наблюдался в период кратковременных пусков воды через ГЭС. На Угличском он проходил, как показало траление, че-

Видовой состав и состояние покатной молоди рыб под плотинами

Плотина	Дата лова	Время лова, ч-мин	Количество тралений	Горизонт лова			Количество рыб	Состояние рыб
				поверх-ность	толща	дно		
Иваньковская	17-18 У III	20-13-21-13	3	0	0	Плотва Лещ Ерш	1	У леща и плотвы нарушена дорсовентральная ориентация тела, у всех рыб наблюдались аритмия дыхания, повреждение чешуи.
		21-50-22-20	3	0	0	Плотва Ерш	1	
		22-45-5-00	3	0	Ерш	0	1	
		7-30-8-55	3	0	0	Ерш	1	
		21-05-21-20*	1	-	Снежок	-	8	
Угличская	18-19 У III	22-09-22-12	3	0	0	0	0	У основания грудных плавников обнаружено легкое кровоизлияние, ориентация не нарушена.
		21-38-21-50	1	Снежок	-	-	4	
Рыбинская	23-24 У III	22-08-22-18*	1	Снежок	-	-	31	У всех рыб отмечены нарушения дорсовентрального положения тела, положительная плаучесть, кровоизлияние в брюшной и жаберной полостях, в глазах и в основании плавников, пузырьки газа в брюшной и жаберной полостях для сна - разрыв плавательного пузыря (28,6%).
		8-42-9-02	1	-	Снежок	-	12	
		10-07-12-17*	1	Снежок	-	-	27	
		11-11-12-11	-	-	-	Снежок Ерш	14 4	

* Траление молоди (3 траления не отражены в таблице из-за отсутствия молоди).

рез шлюзовые камеры (турбины и водослив в период наших наблюдений не работали). Наиболее интенсивным был скат молоди из Рыбинского водохранилища, который наряду со скатом взрослых рыб ранее уже отмечался в литературе [1, 3].

Анализ отловленной молоди рыб показал наличие явных признаков травматизации: разрыв плавательного пузыря, пузырьки газа и кровоизлияние в почках и в глазном яблоке, выпучивание глаз („телескопические глаза“), повреждение чешуйного покрова, аритмия дыхания (см. таблицу). Стенки плавательного пузыря личинок окуни разрываются даже при минимальных скоростях перепада давления (менее 0.1 атм/с) [4]. При наблюдениях за покатной молодью в нижнем бьефе отмечались серьезные изменения ее поведения. Молодь имела положительную плавучесть и не могла погрузиться в толщу воды. Часто были нарушены нормальное дорсовентральное положение тела и ориентационная способность. Молодь плохо реагировала на зрительные и акустические раздражители. Все эти признаки травмирования наиболее ярко проявлялись у молоди снетка Рыбинского водохранилища. Наиболее слабое травмирование рыб отмечено для молоди, скатывающейся через шлюзовые камеры Угличской плотины.

Травмированная и дезориентированная молодь в массе выедается в нижнем бьефе хищными рыбами и птицами. Мы неоднократно наблюдали охоту стай окуней, чаек и крачек. Особенно примечательным был стереотип пищедобывательного поведения у чаек и крачек в нижнем бьефе Рыбинской плотины. В связи с четким суточным ритмом попусков воды (утро и вечер) птицы в предпусковой период в массе слетаются в нижний бьеф ГЭС и образуют здесь на воде перед окнами турбинных камер и на берегу плотные малоподвижные скопления. При попуске они с криками поднимаются в воздух, пикируют на воду, опять поднимаются в воздух или на некоторое время садятся на воду и сплывают вниз по течению. Это поведение скоплений чаек (от нескольких сотен до нескольких тысяч экземпляров) связано, на наш взгляд, с питанием птиц погибшей и дезориентированной молодью рыб.

Таким образом, судьба молоди рыб, скатывающейся через низконапорные плотины, не столь благоприятна, как это считалось.

Травмирование и гибель рыб при скате через плотины связаны с воздействием перепада гидростатического давления, кавитации, гиперсатурации, механических и гидродинамических ударов и др. Пока трудно оценить значение каждого из этих факторов. Но по характеру отмеченной травматизации, особенно по наличию баротравм плавательного пузыря, ясно, что величина и скорость перепада гидростатического давления в турбинах — один из основных факторов травмирования. На Ивановской и Угличской плотинах этот перепад в период работы составлял до 1.1 атм, на Рыбинской — до 1.8 атм. Как показали проведенные ранее в барокамерах экспериментальные исследования [4], такие перепады, совершающиеся за доли секунды, вполне достаточны для возникновения указанной выше

травматизации. Даже скорости перепада 0,25–1 атм/с были летальными для личинок и мальков многих рыб. При этом гибель молодежи на более ранних этапах развития происходила при меньших величинах перепадов давления.

В период наших наблюдений (2-я половина августа) наиболее массовым видом среди покатной молодежи был снеток. В июне–июле следует ожидать снос и гибель большого количества ранней молодежи других видов, особенно окуня и судака. Подобный вынос зарегистрирован нами в 1976–1978 гг. и для Верхне-Волжского водохранилища (плотина Бейшлот, пос. Селище). Судя по экспериментальным данным, для закрытопузырных рыб на Ивановской, Угличской и Рыбинской плотинах следует ожидать массовой гибели ранней молодежи окуневых рыб.

Таким образом, собранные материалы показали наличие травматизации и гибели молодежи рыб при прохождении низконапорных плотин и соответствуют полученным ранее экспериментальным данным. Обнаруженный факт заслуживает дальнейшего более тщательного изучения и оценки степени его воздействия на популяции различных видов рыб внутренних водоемов.

Л и т е р а т у р а

1. В о л о д и н В.М. О выносе рыб через плотину Рыбинской ГЭС. – Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1958, № 2, с. 17–19.
2. П а в л о в Д.С. и др. Некоторые закономерности покатных миграций молодежи рыб в реках Волга и Кубань. – Вопр. ихтиол., 1977, т. 17, вып. 3 (104), с. 433–451.
3. П о д д у б н ы й А.Г. 1971. Экологическая топография популяций рыб в водохранилищах. Л., 1971. 311 с.
4. Ц в е т к о в В.И., П а в л о в Д.С., Н е з д о л и й В.К. Летальные перепады давлений для молодежи некоторых пресноводных рыб. – Вопр. ихтиол., 1972, т. 12, вып. 2(73), с. 344–356.

ИЭМЭЖ АН СССР

УДК 626.88

Л.К. М а л и н н и н, М.И. Б а з а р о в

О ВЕРТИКАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ РЫБ ПОД ПЛОТИНАМИ ГИДРОУЗЛОВ

В литературе отсутствуют данные о вертикальном распределении рыб в нижних бьефах гидроузлов. Обычно принимается, что характер вертикальных перемещений в подобных участках сходен с таковыми в речных или озерных условиях.

Отличительная особенность приплотинных зон нижнего бьефа волжских гидроузлов – неравномерный характер скоростей течения в поперечном сечении: имеются районы, где течение отсутствует или слабо выражено, а также участки с очень сильными потоками воды. Во время эхометрических исследований под плотинами гидроузлов мы обратили внимание на неравномерность распределения рыб.

В местах, где течение слабое (менее 0,4–0,5 м/с), распределение частиковых рыб определяется их суточными вертикальными перемещениями. В ночное время рыба держится разреженно по всей толще воды. Верхний (приповерхностный) горизонт занимает преимущественно молодь карповых рыб. За 0,5–2,0 ч до восхода солнца образуются небольшие стаи, сначала на различных горизонтах в зависимости от видовой специфики рыб, а затем только в определенных, четко очерченных слоях воды. Так, под насыпной дамбой Саратовской ГЭС, где глубины достигают 15–17 м и скорость течения 0,1–0,4 м/с, по данным сетных уловов, доминируют жерех, лещ, судак, стерлядь, чехонь. Основная масса рыб в августе держится на горизонте 5–7 м. Такое распределение было характерно для участков с глубиной более 7 м. В местах, где глубина уменьшается до 5–6 м, рыба придерживалась придонных слоев. При дальнейшем уменьшении глубины, например вблизи берега, ее плотные концентрации исчезали.

Таким образом, в стороне от основного потока вертикальное распределение рыб определяется закономерностью их суточных вертикальных миграций [1, 2].

Анализ эхограммных записей скопления рыб в основном потоке показал, что независимо от времени суток вертикальное распределение стерляди, чехони, жереха, судака, леща охватывает значительную толщу воды. Днем рыба при скорости течения 0,8–1,4 м/с распределяется в толще воды от 7–9 м до дна при общих глубинах до 28 м. При этом наибольшая плотность рыб в августе под плотинной Саратовской ГЭС приходилась на горизонт 9–11 м, а под Волжской ГЭС им. XXII съезда КПСС – на 7–13 м. В местах с глубинами менее 7 м рыба находится преимущественно в придонных слоях воды (рис. 1).

Ночью на участках с такой же скоростью течения горизонт нахождения рыб охватывает почти всю толщу воды, а плотность рыбы уменьшается в 1,5–3 раза, т.е. снижение освещенности вызывает скат рыбы или ее переход на более спокойные участки. В местах со скоростью течения более 1,5 м/с независимо от времени суток и глубины рыба регистрируется только вблизи дна.

В потоке, идущем от ГЭС, скорости течения в поперечном плане сильно варьируют и определяются режимом работы гидроузла. Обычно наибольшая плотность рыб отмечается в зонах с пониженной скоростью течения, например напротив неработающих агрегатов ГЭС. Здесь иногда образуются устойчивые и плотные скопления. Круглосуточная запись на таком скоплении при скорости течения 0,5–0,8 м/с под Саратовской ГЭС показала, что днем рыба держится

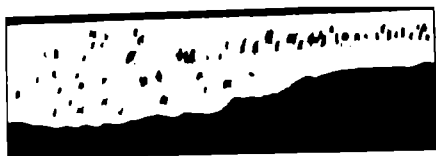


Рис. 1. Изменение горизонта нахождения рыбы при переходе от застойной зоны в основной поток от ГЭС.

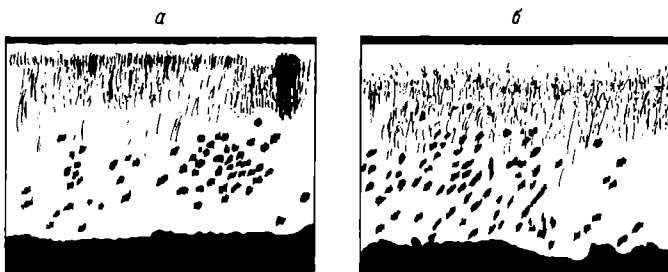


Рис. 2. Вертикальное распределение частиковых рыб днем (а) и ночью (б).

плотными стаями на горизонте 10–17 м и более разреженно ночью на 8–24 м при общей глубине 24 м (рис. 2).

К сожалению, из-за трудности идентификации вида рыб (прицельный облов под плотинной затруднен) мы не смогли выявить особенности вертикального распределения отдельных видов. Но даже общий характер такого распределения свидетельствует о тенденции к суточной ритмике вертикальных миграций в условиях сильных потоков. Однако она не столь четко выражена, как на других участках. Можно сказать, что распределение рыб по вертикали в значительной степени определяется их энергетическими способностями преодолевать встречный поток: резкое увеличение скорости течения вызывает снос рыбы или уход ее в придонные слои, где скорость течения наименьшая.

Л и т е р а т у р а

1. Денисов Л.И. Рыболовство на водохранилищах. М., 1978. 132 с.
2. Зуссер С.Г. Суточные вертикальные миграции морских планктоноядных рыб. М., 1971. 224 с.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

А.А. Яржомбек

МЕХАНИЗМ И СКОРОСТЬ ПЛАВАНИЯ РЫБ

В районах гидротехнических сооружений поведение рыб в значительной степени определяется их способностью противостоять потоку воды и перемещаться с необходимой для отправления жизненных функций скоростью.

Известно, что рыбы перемещаются в воде посредством гребных движений парных плавников, ундуляции (волнообразных движений) непарных плавников, путем быстрого разгиба согнутого тела с упором на хвостовой плавник и при помощи волнообразных движений всего тела. Длительное интенсивное движение происходит при установившемся или переменном режиме ундуляции всего тела. Волна проходит от головного конца тела к хвосту. Плавниковым плаванием широко пользуются зеленухи, бычки, колюшки, сростнотелостные и многие другие рыбы в относительно спокойных ситуациях при нагуле, зимовке и т.п. Скорость поступательного движения рыбы находится в прямой связи с частотой гребных движений. Движение грудных плавников у большинства рыб попеременное („кроль“), но у некоторых, например карпа, одновременное („басс“). При гребном плавании максимальная частота гребков невелика (порядка 5 Гц) и большие скорости достигнуты быть не могут. Для увеличения скорости во время миграций, при сильном встречном течении и реакциях испуга рыбы переходят на более энергичное ундуляционное плавание. При ундуляции упор создается искривлением тела и движением локомоторной волны от головы к хвосту. Длина волны соизмерима с длиной тела рыбы [2], а скорость движения локомоторной волны по телу равна произведению длины волны на частоту локомоторных движений и численно близка к произведению частоты на длину рыбы: $U = \lambda \cdot f \approx L \cdot f$, где U – скорость волны, λ – длина волны, L – длина рыбы, f – частота ундуляции.

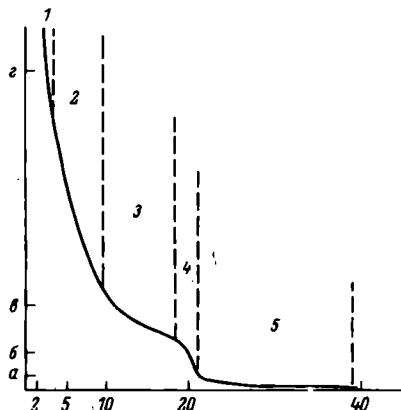
Вода является податливой средой, в ней имеет место некоторая пробуксовка движений, поэтому $f \cdot L > V$, где V – скорость плавания рыбы. Между периодами активного плавания имеются фазы движения по инерции, которые у пловцов называются „наплывом“. Такой „правильный“ тип плавания наблюдается далеко не всегда, так как большинство рыб передвигается рывками. При правильном плавании скорость движения рыбы относительно воды можно вычислить по частоте ундуляции. Бейнбридж [3] предложил формулу для ее расчета: $V = \frac{3}{4} [L (f - 1)]$.

Эта формула использовалась для определений скорости плавания рыб в гидродинамических установках, а также в быстрых ручьях. Зависимость скорости от частоты в этой формуле линейна. Однако Хантер [4] показал, что она существенно нелинейна в области ма-

[illegible]

Классификация скоростей плавания рыб.

1 - неустойчивая, 2 - стайерская, 3 - средних дистанций, 4 - спринтерская, 5 - прыжки с разбега. По оси ординат - время поддержания скорости: а - доли секунды, б - сек, в - мин, г - час; по оси абсцисс - скорость плавания, длина тела в секунду.



рых скоростей. Проведенный нами анализ собственных и литературных данных позволил получить формулу, удовлетворительно описывающую изменение эффективности плавания в широких пределах чисел Рейнольдса: $V/fL = 0.7/1 + 10^{2-0.7 \lg Re}$.

Для $Re < 10^5$ решение этого уравнения довольно трудоемко, поэтому приводятся некоторые результаты машинного решения (см. таблицу). В области $Re > 10^5$ формула упрощается до $V = 0.7 L f$. Максимальные частоты ундуляции большинства рыб среднего размера находятся в области 15–20 Гц, но у некоторых видов они достигают 30 Гц, а скорости – 20 Л/с. Максимальные „спринтерские“ скорости могут поддерживаться рыбой в течение нескольких секунд, далее наступает утомление и скорость резко снижается. Одиночные сокращения и мощные разгибы тела могут, по-видимому, происходить в течение менее 0,03 с. В этих случаях возможен короткий бросок со скоростью до 40 Л/с. Такие броски наблюдаются на фоне спринтерской скорости при панической оборонительной реакции. По аналогии со спортом эти двигательные акты можно назвать „прыжками с разбега“. Существует, однако, и некоторая неустойчивая частота мышечных сокращений, при которой время между двигательными актами достаточно для полного восстановления сил. В таких режимах происходят миграции рыб. Средняя неустойчивая скорость плавания в 5–10 раз ниже „спринтерской“.

Известно, что лососи не утомляются при скорости 1–2 Л/с. Рекордсмены среди рыб по скоростной выносливости (тунцы) могут постоянно плыть со скоростью порядка 3–4 длин тела в секунду. Между неустойчивыми и спринтерскими скоростями находится зона, которая по аналогии со спортивной терминологией может рассматриваться как область „средних“ (несколько десятков минут) и „стайерских“ (несколько часов) дистанций. То, что обычно называется крейсерской или круизной скоростью, имеет место при не очень длительных экспериментах. Круизной скоростью, например, называют скорость вдвое меньше спринтерской [2]. Из спортивной

статистики известно, что люди способны поддерживать скорость вдвое меньше максимальной 1-3 ч. В области „средних“ дистанций время наступления утомления (t) у рыб находится в обратной зависимости от восьмой степени заданной скорости согласно формуле: $t = AL^4/V^8$, где „A“ численно равно 10^{17} для очень быстрых рыб (тунцы, макрели), 10^{15} - для быстрых (лосось, кефаль), 10^{13} - для умеренных (осетр, угорь, камбала). В области „стайерских“ скоростей зависимость еще более крута, даже небольшое снижение скорости резко уменьшает утомление. На рисунке приведена классификация скоростей плавания быстрых рыб в соответствии со спортивной терминологией (показатели для умеренных пловцов приблизительно вдвое ниже). В своей основе эта диаграмма мало отличается от классификации, применяемой в настоящее время в экологии рыб [1], но более наглядна и показывает общность многих положений физиологии движения для пойкилотермных и стенотермных животных и человека.

Л и т е р а т у р а

1. Павлов Д.С., Сабуренков Е.И. Скорости и особенности движения рыб. - В кн.: Основные особенности поведения и ориентации рыб. М., 1974, с. 155-187.
2. Яржомбек А.А. Элементы физиологии и биохимии общего и активного обмена у рыб. Киев, 1978. 202 с.
3. Bainbridge R. Problems of Fish locomotion. - Symp. Zool. Soc., 1961, p. 13-32.
4. Hunter J., Zweifel J. Swimming Speed, Tail Beat Frequency, amplitude and size in jack mackrel and other Fishes. - Fish. Bull. U.S., 1971, vol. 69, p. 253-266.

ВНИИПРХ

УДК 597-151

В.В. Лапкин, А.Г. Поддубный,
В.Р. Протасов, И.И. Пятницкий,
Г.Н. Соболев

СПОСОБ ЛОКАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОВЕДЕНИЕМ РЫБ

Управление поведением рыб наиболее эффективно при использовании биологически значимых раздражителей. Сложность, недостаточная изученность, а также узкая специфичность действия биотических факторов пока еще затрудняют их практическое применение.

ние. Взаимоотношения рыб с абиотическими факторами среды более просты и в ряде случаев могут быть универсальными для различных видов, что делает возможным применение их на практике уже в настоящее время.

Стойкие реакции избегания рыбами распространенных абиотических полей — звукового, электрического и теплового — обычно образуются лишь при интенсивностях раздражителя, вызывающих у особей болевые или неприятные ощущения. Это сублетальные температуры [9], электрические поля с напряженностью, превышающей порог реакции возбуждения [6], акустические поля высокой интенсивности — 5–6 Вт/см² [5]. Однако применение таких полей требует больших энергетических затрат, опасно для человека и ограничено низкой селективностью. Использование же раздражителей малой интенсивности не обеспечивает эффективного управления. Например, воздушно-пузырьковая завеса, воспринимаемая зрительными, слуховыми и некоторыми другими рецепторными органами животных, задерживает не более 30–80% рыб, причем эффект управления резко снижается в ночное время и при низкой прозрачности воды [3, 4].

Отмечено, что большинство видов рыб избегает участки водоема с обедненным содержанием кислорода [8] и с аномальными значениями pH [10].

Цель работы — оценить возможность использования кислой газовой среды и пониженной концентрации растворенного кислорода в качестве факторов локального управления поведением рыб.

В наших опытах управляющая зона создавалась путем обогащения воды сероводородом (H_2S) и углекислым газом (CO_2). Растворы этих газов в воде обладают свойствами слабых кислот и смешивают pH среды; кроме того, H_2S образует зону с обедненным содержанием кислорода. Однако эти кислоты не стойки, и в отсутствие источника газа происходит быстрая регенерация воды до нормы [2].

Влияние вышеуказанных газоданных сред на поведение сеголеток и взрослых особей леща, плотвы и карася изучалось в 2 сериях опытов, проведенных летом при температуре 15–20°. За критерий аномальности среды принималось нарушение координации движений животных.

В бассейне (10х2х1 м) создавались 2 зоны с аэрированной водой, разделенные сероводородной зоной шириной 0.7 м. Сероводородная вода с неизвестной концентрацией газа подавалась из скважины под давлением 3 атм. Зона имела мутно-белый цвет и состояла из мельчайших пузырьков, занимавших 2–3% от объема воды, а над поверхностью газовой завесы ощущался слабый запах сероводорода. В стоячей воде при отсутствии критических ситуаций (испуг, принудительный гон) лещ и плотва, как правило, сероводородную зону не пересекали ни в дневное, ни в ночное время. Однако при электрическом или механическом гоне рыбы заходили в нее и через 1–2 мин теряли координацию движений. Они совершали беспорядочные движения, переворачивались на бок и поднимались к поверхности воды, производя глотательные движения. При внесении в сероводород-

ную зону источника воздуха рыбы начинали концентрироваться возле него, быстро восстанавливали координацию движений и покидали зону. При наличии потока воды большинство рыб пересекало сероводородную зону. Для карасей эта зона не являлась преградой. Они не только свободно пересекали ее, но даже могли задерживаться в ней на достаточно длительное время (до 30 мин), не проявляя заметных отклонений в поведении.

Вторая серия опытов проводилась в воде, насыщенной углекислым газом, с молодью тех же видов рыб. В цилиндрические сосуды ($d = 18$ см) с объемом воды 0,5 л ($pH \sim 8$, кислород — 9 мг/л) помещали 10–15 особей. Через определенные промежутки времени в сосуд приливали по 25 мл воды, предельно насыщенной углекислым газом с исходным pH 5. Раствор перемешивали магнитной мешалкой и непрерывно регистрировали изменения pH , O_2 и поведение рыб. Нарушение координации движений у сеголеток леща и плотвы наступало при pH 6,5 через 3–30 мин. Тело рыб к этому времени покрывалось мелкими пузырьками газа. У карасей аналогичное состояние наступало при pH 6. Во время опытов содержание кислорода в среде не отличалось от нормы. Восстановление нормального состояния рыб наблюдалось через 1–2 ч: у леща и плотвы при pH 7, у карася при pH 6,5. Значение pH воды полностью восстанавливалось до исходной нормы ($pH \sim 8$) через 4 ч.

Нарушение координации движений в среде, насыщенной CO_2 , в основном определялось резким изменением pH среды. Известно, что растворимость не взаимодействующих газов в воде при нормальных условиях обусловлена их парциальным давлением [2], поэтому газы с большей растворимостью не должны вытеснять газы с меньшей растворимостью. В наших опытах именно этим, вероятно, можно объяснить наличие нормального содержания кислорода в среде при многократном приливании насыщенной углекислым газом воды. Так как в образовании угольной кислоты в воде участвует всего 1% газа [2], при повторных приливаниях pH исследуемой среды практически ниже 5,5–6 не сдвигалось, а увеличивалось лишь наличие свободного углекислого газа, который и осаждался в виде пузырьков на теле рыб. Механизм действия низких pH , в частности углекислой среды, на организм рыб до конца не выяснен. Установлено лишь, что это воздействие комплексное (кислая среда может приводить к закислению крови, к нарушению водно-солевого баланса [1, 7], к более слабому связыванию кислорода гемоглобином, к разрушению жаберного эпителия [10]). Следует добавить, что при наличии пузырьков осажденного углекислого газа на теле рыб он может поступать в организм непосредственно через кожу или в какой-то степени механически препятствовать осуществлению дыхания. Сероводородная вода также оказывает, по-видимому, комплексное воздействие на организм животных. Она создает дефицит кислорода, на что указывает нормализация координации движений у леща и плотвы при локальном введении в зону воздуха, и смещает pH среды, поскольку является слабой кислотой. На карасей сероводородная зона не ока-

зывает существенного влияния, что, видимо, связано с их высокой устойчивостью к дефициту кислорода [8] и низким рН [10].

Таким образом, значительная видовая специфика адаптации пресноводных рыб к рН [10] и кислороду [8], высокая эффективность управляющего воздействия зон с аномальными величинами этих факторов и простота локального формирования их на различных глубинах дают возможность широкого применения газоводных сред в рыбохозяйственной практике. Они могут быть использованы при очистке прудов и озер от сорной рыбы путем перемещения газоводных сред в сочетании с отловом рыб, при бессетевом лове рыб в водоемах с возможностью селекции по видам, принадлежащим к разным адаптивным группам по отношению к рН и дефициту кислорода, а также при защите рыб от попадания в водозаборные сооружения.

Л и т е р а т у р а

1. Виноградов Г.А., Соколов В.А., Флерова Г.И. Изучение механизма действия низких рН у пресноводных рыб. - В кн.: Теоретические аспекты рыбохозяйственных исследований водохранилищ. Л., 1978, с. 168-173.
2. Глинка Н.Л. Общая химия. М.; Л., 1946. 605 с.
3. Дарков А.А., Эрслер А.Л. Испытания воздушно-пузырькового рыбозаградителя в природных условиях. - В кн.: Биологические основы применения рыбозащитных и рыбопропускных сооружений. М., 1978, с. 159-166.
4. Курагина Г.Н., Павлов Д.С., Пахорук А.М., Мочек А.Д. Модельные испытания воздушно-пневматического способа защиты рыб от попадания в водозаборные сооружения. - В кн.: Биологические основы применения рыбозащитных и рыбопропускных сооружений. М., 1978, с. 152-159.
5. Мильштейн В.В., Рожков В.В. Использование ультразвука в качестве рыбозаградителя. - В кн.: Сборник научно-технической информации ВНИРО, 1964, вып. 12, с. 9-10.
6. Мишелович Г.М. Изучение поведения рыб в однородном и неоднородном электрических полях униполярного тока в связи с устройством электрических заграждений. - В кн.: Биологические основы применения рыбозащитных и рыбопропускных сооружений. М., 1978, с. 166-175.
7. Романенко В.Д., Крисальний В.А., Кочарь Н.И. Механизмы регуляции кислотно-щелочного баланса у рыб при их адаптации к углекислотным воздействиям водной среды. - Гидробиол. ж., 1978, т. 14, № 5, с. 49-56.
8. Сравнительная физиология животных. М., 1977, т. 1. 608 с.
9. Cherry D.S., Dickson K.L., Cauris J.J., Stanffer J.R. Preferred, avoided and lethal temperatures of fish during rising tempo-

- rature conditions. - J. Fish. Res. Board Canada, 1977, vol. 34, N 2, p. 239-246.
10. European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAG). - Techn. Paper, Rome, 1968, vol. 4, p. 1-18.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР,
ИЭМЭЖ АН СССР

УДК 597-15

В.К. Голованов, М.И. Базаров

ВЛИЯНИЕ ГОЛОДАНИЯ
НА ИЗБИРАЕМЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ
У МОЛОДИ ЛЕЩА, ПЛОТВЫ И ОКУНЯ

Работ, посвященных влиянию голодания на избираемые рыбами температуры, немного и выводы противоречивы [1-4].

Нами определялось влияние непродолжительного, до 14 суток, голодания на избираемые молодью рыб температуры.

Опыты проводились в августе-сентябре 1976 г. на сеголетках леща (*Abramis brama* L.), плотвы (*Rutilus rutilus* L.) и окуня (*Perca fluviatilis* L.) с длиной тела 3-5 см и весом 0,5-1,2 г. Молодь отлавливали в прибрежье неводом или мальковой волокушей. Сразу после поимки рыбу помещали в акклимационные боксы. Период акклимации не превышал 2 суток для леща и плотвы при температуре 20° и 6 суток для окуня при 17°. Температура акклимации практически не отличалась от температур водоема. До начала эксперимента и первые 10 суток опыта рыб кормили олигохетами, дождевыми червями и дафниями, после чего кормление прекращали. По истечении 10-14-дневного периода подачу корма возобновляли. Методика термоградиентных исследований подробно изложена ранее [2].

В каждом опыте использовалось по 10 особей. Ежедневно в интервале времени от 8 до 22 ч визуально снимали 10 точек - распределений животных в термоградиенте. Таким образом, за 1 день наблюдений получали 100 значений избираемых рыбами температур. Для статистического анализа использовали 10 модальных значений избираемых температур за 1 день эксперимента. По каждому дню с помощью ЭВМ вычисляли среднюю арифметическую избираемых температур и среднее квадратическое отклонение. Средние арифметические за периоды кормления и голодания сравнивались по стандартным значениям критерия Стьюдента.

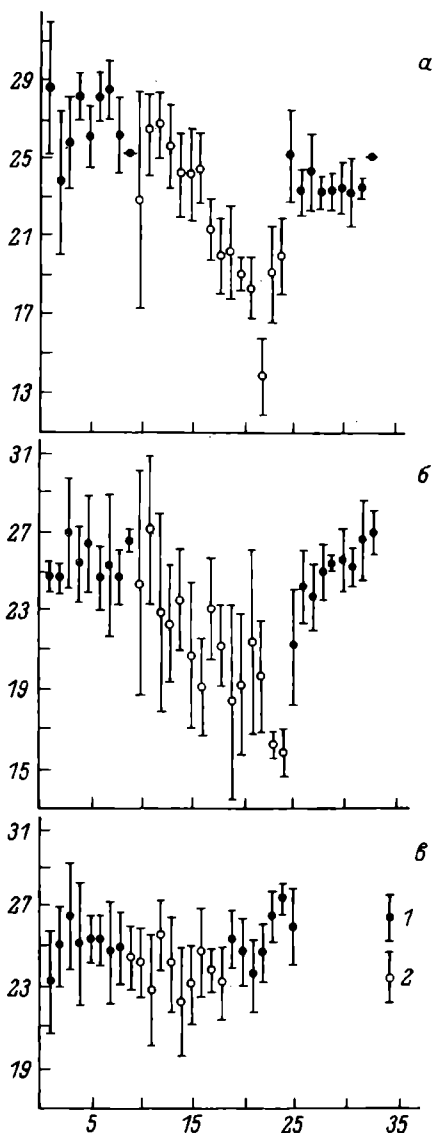
Избираемые температуры у сытых и голодных рыб при смене ритма кормления.

а - лещ, б - плотва, в - окунь, 1 - средняя избираемая температура за день опыта у сытых рыб, 2 - то же у голодных. По оси ординат - температура, °С; по оси абсцисс - дни опыта.

Сеголетки всех 3 видов уже в 1-й день перешли в зону температур 23-28° (см. рисунок). Окунь в начальный период кормления показал большую стабильность избираемых температур. Отсутствие корма приводило к изменению характера реакции - рыбы сосредоточивались в более холодных участках градиента. Однако, если лещ и плотва в конце голодания избирали зоны с температурой 15-20°, то у молоди окуня значительных (более 2°) колебаний избираемых температур не отмечалось. Тем не менее при сравнении сытых и голодных рыб различия в реакциях были достоверными для всех 3 видов ($P < 0.001$).

В течение 24-36 ч после возобновления кормления рыбы возвращались в теплые участки градиента с температурой 23-27°. Сеголетки леща при этом не достигали первоначального уровня избираемых температур. Размах колебаний модальных избираемых температур, оцениваемый по среднеквадратическому отклонению (см. рисунок), в отдельные дни достигал 10°.

Проведенные опыты показали, что начальное, до 14 суток, голодание закономерно понижает уровень избираемых температур: у леща на 4,8°, у плотвы на 4,7°, у окуня на 1,2° (см. таблицу). На молоди леща и плотвы голодание сказывается более резко, чем на



Наличие корма	Средняя избираемая температура, °C		
	лещ	плотва	окунь
Есть	26.6	25.3	25.0
Нет	21.8	20.6	23.8
Есть	23.3	24.6	25.4

сеголетках окуня. В зависимости от уровней пищевого насыщения в первый период тенденция к выбору более холодных зон у леща и плотвы проявляется не сразу, а на 2–8-й день.

Снижение избираемых температур под влиянием голодания может быть связано с понижением уровня стандартного обмена, как это отмечали Дзян Яо Цин, Явайд и Андерсен [1, 4]. Ульвестад и Цар в опытах по влиянию голодания на термопреферендум обыкновенного шайнера (*Notropis cornutus*) осенью при температурах воды от 4 до 9° не учли возможного влияния сезона года, поэтому не получили ответной реакции рыб [5]. Как было показано нами ранее, некоторые виды карповых, в частности молодь леща, плотвы и густеры, в осенний период прекращает выбор более высоких температур [2]. В экспериментах Дудорова [3] с хищной и стенотермной рыбой гиреллой (*Girella nigricans*) отсутствие реакции связано с меньшей подверженностью хищников влиянию голодания.

Таким образом, наши опыты показали, что в летний сезон фактор голодания существенно меняет реакцию на градиент температур у молоди карповых – леща и плотвы. Для представителя окуневых – молоди обыкновенного окуня – это влияние незначительно. Полученные результаты показывают возможность количественной оценки степени голодания рыб, подчеркивают необходимость учета сезона года в подобных исследованиях и позволяют точнее оценить сезонную динамику избираемых температур пойкилотермных животных. Это важно учитывать при разработке экологических способов привлечения и отпугивания водных организмов.

Л и т е р а т у р а

1. Д з я н Я о Ц и н. Изменения предпочитаемых температур у некоторых видов осетровых рыб при разном уровне пищевого насыщения. – Науч. сообщ. Ин-та физиол. АН СССР, 1959, вып.1, с. 125–127.
2. П о д д у б н ы й А.Г., Г о л о в а н о в В.К., Л а п к и н В.В. Сезонная динамика избираемых температур рыб. – В кн.: Теоретические аспекты рыбохозяйственных исследований водохранилищ. Л., 1978, с. 151–167.

3. D o u d o r o f f P. Reactions of marine fishes to temperature gradients. - Biol. Bull., 1938, vol. 75, N 3, p. 494-509.
4. J a v a i d M.Y., A n d e r s o n I.M. Influence of starvation on selected temperature of some salmonids. - J. Fish. Res. Board Canada, 1967, vol. 24, N 7, p. 1515-1519.
5. U l v e s t a d D.A., Z a r I.H. Preferred temperature of the common shiner, *Notropis cornutus*, in relation to age, size, season and nutritional state. - Ohio J. Sci., 1977, vol. 74, N 4, p. 170-173.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 597-15

В.К. Голованов, В.Д. Линник

ИЗБЕГАЕМЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ У МОЛОДИ РЫБ

Направленные локальные изменения температуры воды в целях управления поведением рыб основываются на знании закономерностей сезонно-возрастной динамики их термоадаптационных возможностей [1, 3]. Эти возможности изучены еще недостаточно [5], особенно в отношении избегаемых температур.

Нами предпринята попытка определить зоны избегаемых температур для молоди 5 видов рыб (леща, плотвы, синца, окуня, пеляди) в летний период года, а также оценить влияние на них дополнительных факторов, в частности механического гона. Параллельно при двукратной повторности проводились эксперименты по определению избираемых, шоковых и летальных температур этих рыб.

Методика термоградиентных исследований и определения шоковых и летальных температур подробно изложена ранее [3, 4]. Скорость нагрева рыб при этом составляла 10-12 град/ч. За шоковую принимали температуру, при которой нарушалась координация движений, за летальную - температуру, при которой прекращалось движение жаберных крышек. Шоковые и летальные температуры определялись как средние из значений, полученных для отдельных особей. Конечная избираемая температура рассчитывалась как средняя избираемая за последние 3-4 дня в 10-дневном эксперименте. В каждом опыте использовалось по 10 рыб.

Для изучения избегаемых температур применялась модифицированная установка, описанная Черри и др. [5]. В двух параллельных лотках размерами 183х30х20 см создавался термический градиент с разницей температур в 3-6° за счет подачи воды разных температур из 2 баков. Сток воды осуществлялся в центре лотков

Температурные реакции молоди рыб

Вид	Температура, °С						
	конечная избираемая	избегаемая		шоковая	летальная	предельная*	
		естественная	гон			шоковая	летальная
Лещ	26,6	33,3	34,7	33,5	34,3	37,2	38,3
Плотва	25,3	32,8	34,2	32,0	33,6	36,1	37,1
Синец	26,8	31,7	34,4	—	—	—	—
Окунь	25,3	34,1	34,5	32,7	33,9	34,8	36,2
Пелядь	16,8	26,8	27,9	29,9	30,4	30,9	31,8

* Рыбы акклиматизированы в течение 10 дней к 30°.

с помощью винипластовых трубок диаметром 2,5 см. Уровень жидкости в установке поддерживался равным 2,5–6 см в зависимости от размеров подопытных особей. Рыб в количестве 10–12 экз. помещали в каждый лоток установки, а после получасового привыкания их к условиям опыта изменяли термический режим до величин, при которых наблюдалась реакция избегания. Замеры производили в течение 2 ч. Каждые 5 мин с помощью термометров отмечали избегаемые температуры и по этим данным рассчитывали среднюю избегаемую температуру. Опыты также проводили в двукратной повторности.

Длина и вес рыб, отловленных в прибрежье Рыбинского водохранилища и акклиматизированных в течение 2–4 дней к температурам 20–24° (пелядь акклиматизировали к 16°), были следующими: лещ – 3–4 см, 0,3–0,7 г, синец – 4–6 см, 1–3 г, плотва – 2–4 см, 0,2–0,6 г, окунь – 3–5 см, 0,3–1 г, пелядь – 3–6 см, 0,4–2 г. Опыты проводили в июле–августе 1975–1977 гг.

Как видно из приведенных данных (см. таблицу), конечные избегаемые температуры всех видов, за исключением пеляди, занимают диапазон температур 25–27°. Молодь пеляди избирает более холодные участки градиента с температурой 16–17°.

Общая зона избегаемых температур у всех видов расположена на 5–11° выше избегаемых термозон и равняется для двухлеток синца и сеголеток леща, плотвы и окуня 32–35°, для пеляди – 26–28°.

Среднее значение устойчивой избегаемой температуры на 10–13° выше температур акклиматизации, что совпадает с ранее полученными данными на мальках леща 2-месячного возраста [2].

Механический гон, как правило, повышает значение избегаемых температур на 0,3–3°. Наиболее четко на механическое раздражение реагируют сеголетки синца и леща, в меньшей степени эта реакция проявляется у молоди окуня (см. таблицу).

Диапазон избегаемых температур граничит с зоной шоковых и летальных температур, т.е. избегание возникает при интенсивности действия фактора, приводящего к гибели рыб. Летальные температуры рыб, длительное время акклиматизированных к 30°, имеют еще более высокие значения.

Таким образом, проведенный анализ избегаемых, шоковых и летальных температур молоди рыб показывает, что эти реакции представлены величинами одного порядка. Абсолютные значения любой такой реакции могут быть использованы в качестве исходных данных для проектирования термозаградительных устройств. При этом, как показали наши опыты с механическим гоном, наличие возмущающего фактора в зоне избегаемых температур может несколько смещать уровень реакции избегания у молоди рыб.

Л и т е р а т у р а

1. Лапкии В.В., Поддубный А.Г. К использованию термоградиентной зоны для управления поведением рыб. - Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1975, № 27, с. 56-58.
2. Лапкии В.В., Соболев Г.Н. Распределение молоди леща в термоградиентной среде. - Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1976, № 30, с. 44-45.
3. Поддубный А.Г., Голованов В.К., Лапкии В.В. Сезонная динамика избираемых температур рыб. - В кн.: Теоретические аспекты рыбохозяйственного использования водохранилищ. Л., 1978, с. 151-167.
4. Привольнев Т.И. Влияние сбросных вод тепловых электростанций на организм и поведение рыб. - В кн.: Труды координационных совещаний по гидротехнике. М.; Л., 1965, вып. 24, с. 34-49.
5. Cherry D.S., Dickson K.L., Cairns I.I. Temperature selected and avoided by fish at various acclimation temperatures. - J. Fish. Res. Board Canada, 1975, vol. 32, N 4, p. 1253-1255.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

А.М. С в и р с к и й

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СУТОЧНОГО РИТМА
ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ВЗРОСЛОГО ОКУНЯ

Цель настоящего сообщения – рассмотреть основные закономерности формирования суточного ритма двигательной активности у обыкновенного окуня *Perca fluviatilis* L. – одного из многочисленных представителей сем. Percidae в водоемах умеренной зоны. По полевым наблюдениям [2, 3] и результатам лабораторных исследований [6, 9], окунь активен в светлое время суток с максимумом на рассвете и в сумерки. Такое бимодальное распределение двигательной активности Б.П. Мантейфель с сотрудниками [2] объясняют пищевыми и оборонительными реакциями окуня в условиях изменяющейся освещенности. Однако другими исследователями [6, 9] было показано, что независимо от режима кормления и вида корма двухпиковое распределение активности окуней наблюдается на протяжении почти всего года. Утренние и вечерние пики не удается устранить и изменением температурного или кислородного режимов [5].

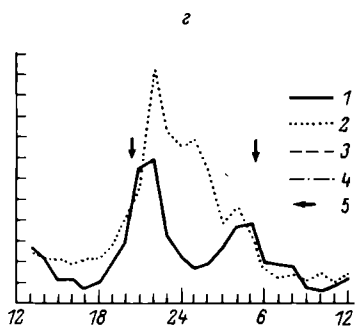
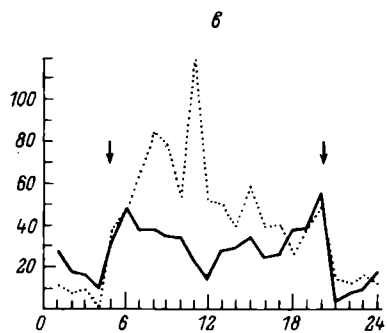
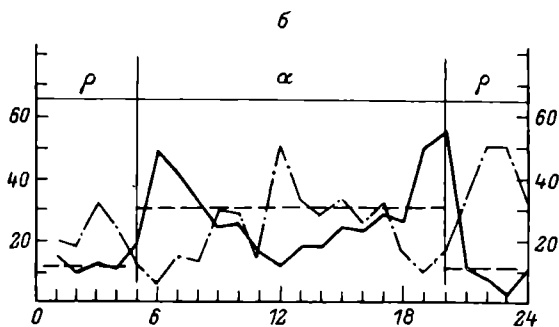
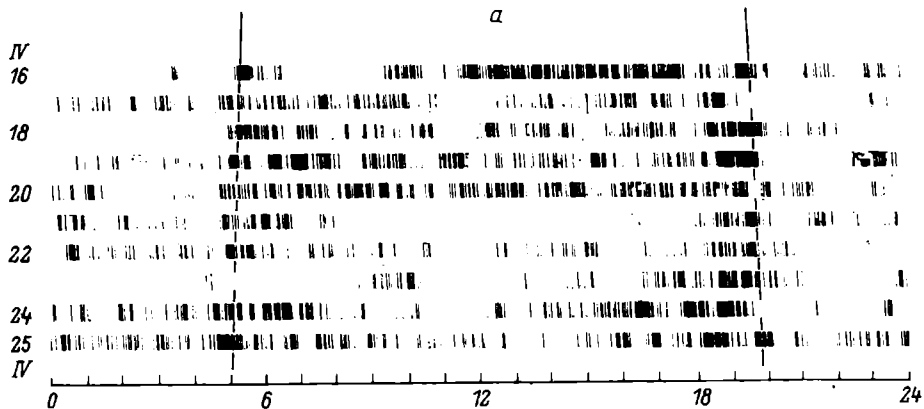
В апреле–мае 1975 г. нами были проведены опыты по определению суточного ритма двигательной активности окуней Рыбинского водохранилища в установках конструкции Мюллера и Шрайбера [8]. Движение окуней регистрировалось по количеству пересечений ультрафиолетового луча света за каждый час суток. Одна группа рыб (2 ♀ и 2 ♂, $l_{ср} = 148$ мм) была поймана за месяц до опыта, ее ежедневно кормили дождевыми червями в определенное время суток (в 10–11 ч). Другую группу (1 ♀ и 3 ♂, $l_{ср} = 134$ мм) выловили за день до регистрации и во время опыта не кормили. Температуру воды и режим освещения поддерживали близкими к естественным.

Распределение двигательной активности окуня в течение суток.

а – запись количества пересечений луча света при движении окуня в аквариуме (вертикальные линии – время восхода и захода солнца); по оси ординат – дата; по оси абсцисс – часы.

б – усредненные данные с 16 по 25 апреля 1975 г., в – то же с 26 апреля по 5 мая 1975 г., г – то же со 2 по 11 июля 1975 г.

1 – голодные окуни, 2 – сытые окуни, 3 – средний уровень активности в периоды α и ρ , 4 – коэффициент вариации, %, 5 – время восхода и захода солнца; по оси ординат: слева – количество пересечений/час, справа – коэффициент вариации, %; по оси абсцисс – часы.



В суточном распределении двигательной активности окуней, не получавших корма, хорошо заметны 2 периода. Первый период (ρ) приходится на ночные часы и характеризуется низким уровнем активности. Второй (α) ежедневно начинается за полчаса до восхода солнца и заканчивается через такое же время после захода (см. рисунок, а). Уровень активности во 2-м периоде почти в 3 раза выше, чем в 1-м. Максимальные величины наблюдаются во время перехода от одного уровня активности к другому и приходится на часы восхода и захода солнца. В эти же часы отмечается и наименьший коэффициент вариации двигательной активности (см. рисунок, б). Таким образом, можно сказать, что изменения в течение периодов ρ и α носят случайный характер, а в утренних и вечерних переходах они закономерны и, кроме того, имеют приблизительно равную величину.

Кормление рыб не нарушает временной структуры распределения их двигательной активности. Период α у сытых рыб наступает и заканчивается в те же часы, что и у голодных с разницей лишь в амплитудных значениях. Если в периоде ρ активность обеих групп окуней одинакова (11 пересечений/ч у голодных и 10 пересечений/ч у сытых рыб), то в периоде α она значительно выше у сытых окуней (29 и 53 пересечений/ч соответственно). Максимум активности приходится на момент кормления, но следует отметить, что утренний и вечерний пики заметны и здесь, их величина в часы восхода и захода солнца совпадает со значением двигательной активности голодных окуней (см. рисунок, в). Аналогичные результаты по влиянию корма на суточный ритм активности получены другими исследователями на бычках *Cottus poecilopus* Heckel и *S. gobio* L. [7], кумже *Salmo trutta* L. [10], а также на окуне *P. fluviatilis* L. [9].

На основании вышеизложенного можно сделать заключение, что суточный ритм двигательной активности окуня обусловлен чередованием 2 установившихся режимов его состояния: активности (период α) и покоя (период ρ). Как на пресноводных, так и на морских рыбах показано, что в состоянии покоя уменьшается частота дыхания и сердечных сокращений. По-видимому, покой может характеризоваться как простейшая форма сна [1, 4]. Повышенная двигательная активность на рассвете и в сумерках, вероятно, связана с особенностями переходных процессов между установившимся состоянием покоя и активности. Несомненно, переходные процессы возникают и во время самих периодов ρ и α под воздействием наличия пищи, хищников, испуга и т.п., но основу суточного ритма составляют именно установившийся режим — покоя и активности.

Подтверждением данной интерпретации служит дополнительный опыт, проведенный в июле, когда период активности (α) сдвинут у окуней на темное время суток (см. рисунок, г). В опыте участвовало 2 группы окуней. Одной группе (2 ♀ и 1 ♂, $l_{ср} = 153$ мм) в изобилии давали личинок и мальков рыб, а другую (1 ♀ и 1 ♂, $l_{ср} = 187$ мм) не кормили. У обеих групп наблюдалось сход-

ное распределение двигательной активности с пиками на ярком свете и в сумерках. Отличие было только в уровне активности в период α (65 пересечений/ч у сытых и 37 пересечений/ч у голодных). Активность в состоянии покоя была примерно одинаковой – 19 пересечений/ч у сытых и 16 пересечений/ч у голодных.

Л и т е р а т у р а

1. Карманова И.Г., Титков Е.С., Попова Д.И. Видовые особенности суточной периодики двигательной активности и покоя у черноморских рыб. – Ж. эвол. биохим. и физиол., 1976, т. 12, № 5, с. 486–488.
2. Мантейфель Б.П., Гирса И.И., Лещева Т.С., Павлов Д.С. Суточные ритмы питания и активности некоторых пресноводных хищных рыб. – В кн.: Питание хищных рыб и их взаимоотношения с кормовыми организмами. М., 1965, с. 3–81.
3. Тарвердиева М.И. Питание окуня в некоторых заливах и сорах оз. Байкал в летний сезон. – Науч. докл. Высшей школы. Биол. науки, 1960, № 2, с. 25–30.
4. Титков Е.С. Особенности суточной периодики бодрствования и покоя у карликового сомика *Ictalurus nebulosus*. – Ж. эвол. биохим. и физиол., 1976, т. 12, № 5, с. 335.
5. Alabaster J.S., Robertson K.G. The effect of diurnal changes in temperature, dissolved oxygen and illumination on the behaviour of roach (*Rutilus rutilus*), bream (*Abramis brama*) and perch (*Perca fluviatilis*). – *Animal Behaviour*, 1961, vol. 9, N 3, p. 187–192.
6. Alabaster J.S., Stott B. Swimming activity of perch, *Perca fluviatilis* L. – *J. Fish. Biol.*, 1978, vol. 12, N 6, p. 587–591.
7. Anderson S. Locomotory activity patterns of *Cottus poecilopus* Heckel and *C. gobio* L. (Pisces). – *Oikos*, 1969, vol. 20, N 1, p. 78–94.
8. Müller K., Schreiber K. Eine Methode zur Messung der lokomotorischen Aktivität von Süßwasserfischen. – *Oikos*, 1967, vol. 18, N 1, p. 135–136.
9. Siegmund R. Locomotorische Aktivität und Ruheverhalten bei einheimischen Süßwasserfischen (Pisces, Percidae, Cyprinidae). – *Bull. Zbb.*, 1969, Bd 88, H. 3, S. 295–312.
10. Swift D.R. Activity cycles in the brown trout (*Salmo trutta* L.). 2. Fish artificially fed. – *J. Fish.*

УДК 597.583.1.08:57.03

А.М. С в и р с к и й

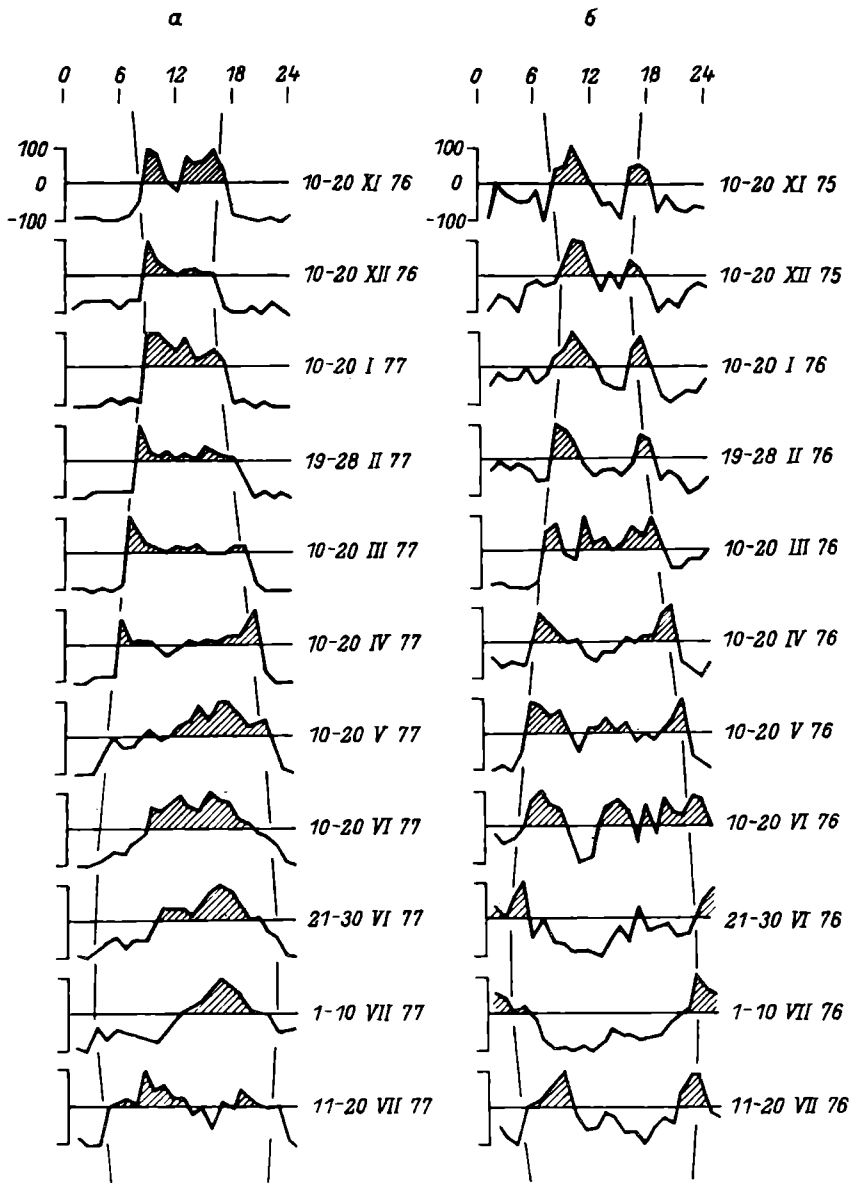
СЕЗОННО-ВОЗРАСТНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ
СУТОЧНОГО РИТМА
ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ОКУНЯ

Работ, посвященных изучению влияния сезона на суточное распределение двигательной активности рыб разного возраста, немного [2, 5, 6]. В данном сообщении рассмотрено сезонное изменение суточного ритма двигательной активности у молоди и взрослых окуней Рыбинского водохранилища.

Опыты проводились с сентября 1975 по июль 1976 г. на рыбах в возрасте от 3 до 5 лет (длина тела от 130 до 200 мм) и с ноября 1976 по июль 1977 г. на годовиках (длина тела от 70 до 115 мм) в установках конструкции Мюллера и Шрайбера [7], где вместо луча света для регистрации движений была применена маятниковая система [1]. В установках находилось от 3 до 6 взрослых особей и от 13 до 16 экз. молоди. Каждая возрастная группа исследовалась в 2 параллельных установках. В одной из них рыб содержали постоянно и кормили в разное время суток олигохетами, мотылем, дождевыми червями, а в летнее время еще и мальками рыб. В другой установке находились рыбы, которых ежемесячно отлавливали из водоема и не кормили. Температура воды и фотопериод во всех опытах соответствовали естественному циклу.

Результаты параллельных опытов были объединены и суммированы подекадно. Суточное распределение двигательной активности за декады каждого месяца (см. рисунок) представлено в виде отклонений в процентах среднечасовых значений от соответствующей среднесуточной величины, принятой за нулевую.

С января по май суточный ритм двигательной активности у молоди и взрослых окуней довольно сходен. Период активного состояния обеих возрастных групп приходится на светлые часы суток, его продолжительность постепенно увеличивается по мере нарастания фотопериода. Различия появляются в конце мая—начале июня, когда длина дня достигает приблизительно 17 ч. В это время у взрослых рыб чередование активности и покоя происходит через нерегулярные промежутки времени. С дальнейшим увеличением фотопериода взрослые окуни начинают отчетливо проявлять ночную активность (см. рисунок, б). В сентябре они опять светоактивны. До



Суточный ритм двигательной активности окуня в зависимости от сезона года.

а - молодь окуня (годовики), б - взрослые окуни (3-5 лет). Вертикальные линии - время восхода и захода солнца. По оси ординат - отклонения среднечасовых величин двигательной активности от соответствующей 24-часовой средней, вычисленные за декады месяца, %; по оси абсцисс - часы.

января продолжительность их активного состояния постепенно уменьшается следом за фотопериодом.

В отличие от взрослых особей молодь окуня светоактивна в течение всего исследуемого периода и в конце июня-начале июля характеризуется максимальной продолжительностью активного состояния - 20 ч (см. рисунок, а). Аналогичные результаты сезонного изменения суточного ритма активности годовиков окуня получены Зигмундом [8].

Экспериментальных данных о смене дневной активности взрослых окуней на ночную в литературе нет, но имеются полевые наблюдения, свидетельствующие о том, что летом хищные окуни питаются ночью [2, 3]. Явление сезонного сдвига активности обнаружено у некоторых видов рыб и других животных, обитающих выше 48° параллели [4, 6] и, по-видимому, характерно для многих организмов умеренной и северной зон.

Причина фазового сдвига, вероятно, заключается в том, что период активного состояния организма - α , регулируемый циклом свет-темнота, имеет ограниченную максимальную продолжительность. И если зимой активность таких животных синхронизирована со световым циклом так, что начало периода α соответствует рассвету, а окончание - сумеркам, то весной и летом, когда длина дня превышает максимальную продолжительность активного состояния рыбы, происходит сдвиг по фазе и начало периода α уже синхронизируется с сумерками, а конец - с рассветом. За счет этого продолжительность активного состояния α сокращается, поскольку становится равной продолжительности ночи.

Как показали наши опыты, явление фазового сдвига в летнее время происходит только у взрослых окуней. У годовиков же период α всегда соответствует и равен по продолжительности светлому времени суток. Отсюда можно сделать вывод, что максимальная продолжительность активного состояния окуня с возрастом имеет тенденцию к сокращению. Другое отличие состоит в том, что в период покоя уровень активности ниже у годовиков (около 100%), чем у взрослых окуней (около 50%) (см. рисунок), т.е. молодь окуня обладает более глубоким покоем.

Л и т е р а т у р а

1. В о й ч и ш и н К.С., Г р а б а р Л.И. Маятниковый измеритель двигательной активности рыб в условиях аквариума. - В кн.: Отбор и передача информации. (Республиканский межведомственный сб.). Киев, 1973, вып. 36, с. 112-116.
2. М а н т е й ф е л ь Б.П., Г и р с а И.И., Л е щ е в а Т.С., П а в л о в Д.С. Суточные ритмы питания и активности некоторых пресноводных хищных рыб. - В кн.: Питание хищных рыб и их взаимоотношения с кормовыми организмами. М., 1965, с. 3-81.

3. Т а р в е р д и е в а М.И. Питание окуня в некоторых заливах и сорах оз. Байкал в летний сезон. - Науч. докл. Высшей школы, Биол. науки, 1980, № 2, с. 25-30.
4. A n d r e a s s o n S. Seasonal changes in diel activity of *Cottus poecilopus* and *C. gobio* (Pisces) at the Arctic Circle. - *Oikos*, 1973, vol. 1, p. 16-23.
5. J o h n s o n I., M ü l l e r K. Different phase position of activity in juvenile and adult perch. - *Naturwissenschaften*, 1978, Bd 65, H. 7, S. 392-393.
6. K r o n e l d R. Autumn and spring phase shifts in the burbot *Lota L.* (Pisces, Gadidae) at the Arctic Circle. - *Memoranda Soc. Fauna Flora Fennica*, 1974, N 50, p. 125-136.
7. M ü l l e r K., S c h r e i b e r K. Eine Methode zur Messung der lokomotorischen Aktivität von Süßwasserfischen. - *Oikos*, 1967, vol. 18, N 1, p. 135-136.
8. S i e g m i n d R. Locomotorische Aktivität und Ruheverhalten bei einheimischen Süßwasserfischen (Pisces, Percidae, Cyprinidae). - *Bull. Zbb.*, 1969, Bd 88, H. 3, S. 295-312.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 639.2.081.7

Л.К. М а л и н и н, В.Г. Т е р е щ е н к о

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОКАТОРА „ЛЕЩ“ ДЛЯ ПОИСКА РЫБЫ В МЕЛКОВОДНЫХ ВОДОЕМАХ

Опыт использования рыбопоисковых приборов в морском промысле показал большую перспективность гидроакустических методов [5]. В последние годы они все шире внедряются в практику ихтиологических и экологических исследований на внутренних водоемах. Из отечественных приборов наибольшее распространение получил портативный эхолот „Язь“ [1-3]. Он обладает рядом положительных качеств: высокая надежность, малые габариты, небольшая мертвая зона, экономичность в питании. Однако эхограммы записей „Язя“ трудно расшифруемы и по существу дают лишь приблизительную оценку численности („много-мало“) рыб.

Начиная с 1975 г. для изучения распределения и плотности рыб в мелководных водоемах в лаборатории ихтиологии ИБВВ АН СССР используется отечественная рыбопоисковая гидроакустическая станция (ГАС) „Лещ“.

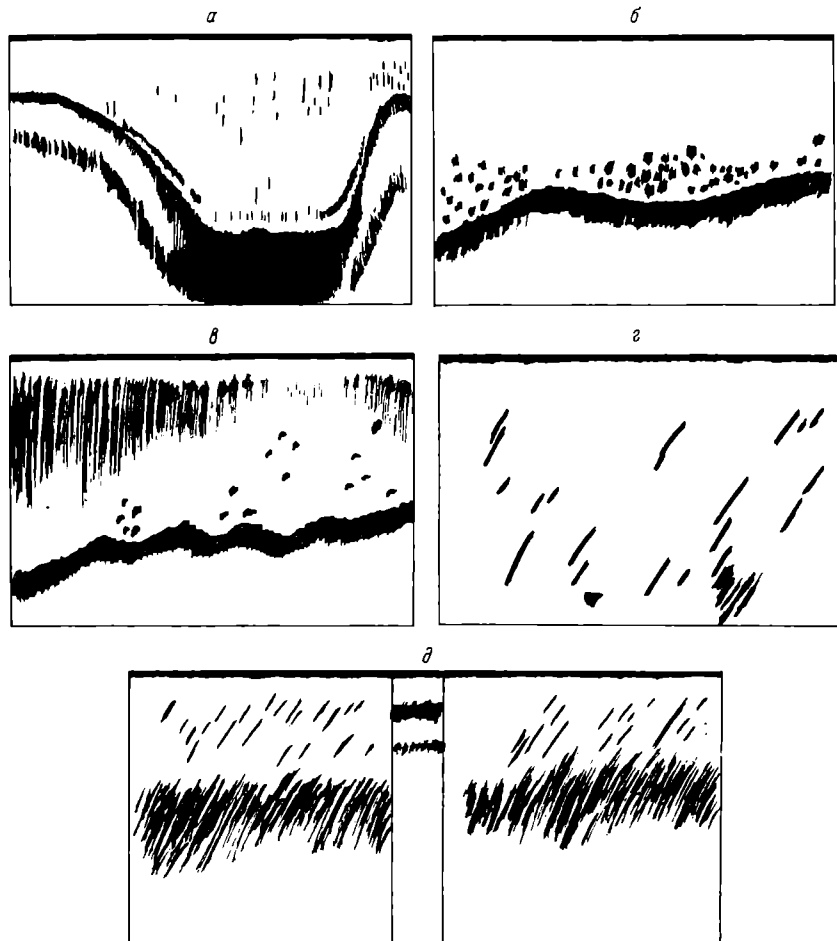
Сравнительно небольшие габариты ГАС позволяют применять ее на судах маломерного флота. Наши работы проводились с моторной лодки типа ПМЛ. Ее пластиковый корпус уменьшает механическую вибрацию от работающего двигателя. Помещение ГАС в носовую часть лодки заметно устраняет помехи от винта, а невысокая скорость движения судна снижает шумы обтекания.

Скорость хода мотолодки обуславливает не только шумы обтекания, но и время пребывания рыб в зоне действия прибора: чем больше скорость, тем меньший период времени рыбы „просвечиваются“ лучом. При скорости более 12 км/ч сигналы от рыб прописываются на ленте самописца в виде отдельных или сливающихся штрихов (см. рисунок, а). Визуально на эхограмме сложно разделить сигналы от двух и более рыб, находящихся вблизи. Кроме того, сигналы от одиночных рыб маскируются отметками от небольших плотных стай мелких особей. При скорости 3–4 км/ч отметки от таких скоплений прописываются в виде коротких шнуров, легко отличаемых от сигналов крупных рыб, представленных отдельными „галочками“ или сплошными пятнами (см. рисунок, б). В местах с сильными турбулентными потоками, например в непосредственной близости от плотин, за счет насыщения воды пузырьками воздуха на эхограмме появляется множество помех, снизить которые возможно, меняя диапазон усиления сигналов и скорость мотолодки. Однако полностью помехи не устраняются (см. рисунок, в).

Известно, что акустическое поперечное сечение обратного рассеивания зависит от размера рыбы [5]. Поэтому возможна акустическая идентификация вида рыбы по ее размерам. Это достигается выбором диапазона усиления сигнала (ГАС „Лещ“ имеет 8 диапазонов усиления): чем больше размеры особей, проходящих через зону действия прибора, тем меньшее требуется усиление сигнала для его качественной записи. При минимальном усилении ГАС регистрирует сигналы от рыб размером более 1 м, при максимальном – от рыб более 2–4 см, т.е. данный прибор в определенных ситуациях можно использовать для изучения распределения молоди рыб.

В местах с глубинами до 20 м ГАС в режиме вертикального поиска прописывает сигналы от рыб, находящихся по всей толще воды. При горизонтальном поиске дальность действия нестабильна и варьирует от 5 до 50 м. Она зависит от глубины участка, размера рыбы, ее положения относительно оси луча прибора, уровня фоновых и реверберационных помех, гидрологических условий. Поэтому целесообразно перед началом исследований определить дальность действия экспериментально. Это достигается путем поиска исследуемых рыб, подвешенных в толще воды на леске, при различных углах наклона вибратора.

В горизонтальном поиске эхотрассы от рыб прописываются в виде наклонных линий, угол и длина которых определяются скоростью судна, а при его остановке скоростью и направлением движения самой рыбы (см. рисунок, г). Так, отметки от рыб, быстро поднимающихся к поверхности воды, имеют наибольший угол наклона. Это



Эхограммы с записью скоплений рыб.

а-в – вертикальный, г-д – горизонтальный режим работ ГАС (а – при скорости судна 10–12 км/ч, б – 3–4 км/ч, в – в непосредственной близости от плотины гидроузла, г – при глубине 20 м, д – при глубине 3 м).

при определенном навыке позволяет по характеру эхотрасс рассчитывать примерные скорости и направление плавания рыб.

Существует мнение, что для горизонтального поиска необходимы значительные глубины, более 15–20 м. Наш опыт показал, что при угле наклона вибратора 0–50° прибор регистрирует сигналы от рыб, находящихся на участках с глубинами до 3 м (см. рисунок, д). Хотя дальность действия при этом ограничена 5–8 м, применение ГАС „Лещ” может оказать существенную помощь в исследованиях рас-

пределения рыб в мелководных зонах. Но надо учесть, что успех работы во многом зависит от состояния поверхности воды: ветровое волнение вызывает появление множества акустических помех, маскирующих сигналы от рыбы. Маскирующее воздействие оказывает и водная растительность.

Значительно расширяется диапазон исследований при комплексном применении биотелеметрических и гидроакустических методов. Известно, что в основе подводной биотелеметрии лежит мечение рыб ультразвуковыми передатчиками, по сигналам которых определяется их местоположение [4]. Настройка передатчиков на частоту 50 кгц позволяет в качестве приемника использовать ГАС „Лещ“. В этом случае на самописце прибора прописываются как сигналы передатчика, так и эхоотметки от рыбы. Это позволяет не только детализировать поведение меченой особи, но и исследовать расположение и плотность около нее немеченых рыб. При этом дальность контакта со скоплением рыб, к которому примкнула подопытная особь, увеличивается с десятков метров до 1-2 км.

Л и т е р а т у р а

1. Г а н ь к о в А.А. Использование гидроакустических приборов в мелководных водоемах. Мурманск, 1970. 70 с.
2. Д е н и с о в Л.И. Рыболовство на водохранилищах. М., 1978. 282 с.
3. Н и к о л а е в А.С., Ш а л у н о в Л.С. Изучение поведения рыб с помощью эхолота „Язь“. - Рыбн. хоз-во, 1976, № 8, с. 21-23.
4. П о д д у б н ы й А.Г., М а л и н и н Л.К., С п е к т о р Ю.И. Биотелеметрия в рыбохозяйственной науке и практике. М., 1979. 192 с.
5. Ю д а н о в К.И. Расшифровка эхограмм гидроакустических рыбопоисковых приборов. М., 1967. 116 с.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 639.2.081.117

Л.К. М а л и н н и н, В.Д. Л и н н и к

О ВОЗМОЖНОСТИ ЭХОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА УЛОВИСТОСТИ АКТИВНЫХ ОРУДИЙ ЛОВА

Одним из наиболее общепринятых методов расчета численности рыб является определение их плотности по величине улова с последующим пересчетом на численность рыб в конкретной акватории водое-

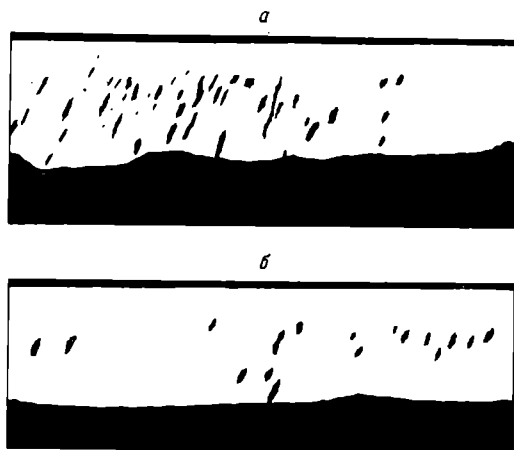


Рис. 1. Эхограммы записей рыбы до (а) и после (б) невода.

ма. Для этого необходимо знать коэффициент уловистости ($K_{\text{улов}}$) применяемых орудий лова. Количественное определение уловистости трудоемко.

В 1960 г. была предложена методика определения $K_{\text{улов}}$ по интенсивности эхосигналов, отраженных от искусственных косяков рыб разной плотности [4]. При высокой чувствительности рыбопоисковых приборов расчет $K_{\text{улов}}$ для разреженных скоплений можно осуществлять непосредственно по эхограммам. В данном сообщении рассматривается опыт применения гидроакустических рыбопоисковых приборов для оценки $K_{\text{улов}}$ рыб. Использовался отечественный гидролокатор „Лещ“. В основе расчета $K_{\text{улов}}$ лежит выявление числа рыб до и после прохождения орудия лова. В случае лова речным закидным неводом эхометрические съемки проводятся ниже и выше тони и по траектории движения невода (рис. 1). По эхозаписям рассчитывается количество рыб на облавливаемой площади, а отношение к нему числа рыб в улове дает $K_{\text{улов}}$. Для трала вычисляется объем процеженной воды и объем воды, „просвеченной“ лучом прибора, подсчитывается число рыб в этих объемах. Отношение количества пойманных рыб к числу рыб, находившихся непосредственно перед тралением в объеме воды, процеженном тралом, и представляет $K_{\text{улов}}$.

Регистрация рыб прибором и селективность орудий лова зависят от размеров рыб [4]. Поэтому предварительно необходимо было подобрать такой режим работы прибора, при котором регистрируются только особи с размерами, соответствующими размеру ячеи орудия лова. Это достигается подбором диапазона усиления сигнала прибора.

Расчет $K_{\text{улов}}$ трала в светлое время суток на Цимлянском водохранилище приведен в таблице. Вариации полученных величин зна-

Вычисление коэффициента уловистости трала ($K_{\text{улов}}$)

Данные гидролокатора		Вылов рыбы, шт.		
количество эхосигналов (N_A)	объем луча (V_L), м ³	общее количество (N_T)	в том числе	
			лещ	судак
405±20	2000	47	15	9
250±10	2500	42	21	4
310±20	9000	25	5	12
300±20	6500	9	0	4

Объем воды (V_T), прожеженной тралом, м ³	$\frac{V_T}{V_L}$	Расчетное количество рыб на объ- ем V_T (N_0)	$K_{\text{улов}} = \frac{N_T}{N_0}$	$K_{\text{улов}}, \%$
5500	2.75	1114±55	0.041–0.044	4.25
7000	2.8	700±28	0.057–0.063	6.0
7000	0.77	239±15	0.11–0.098	10.4
7000	1.08	324±22	0.03–0.026	2.8

чительны – от 2,8 до 10,4%. Для сравнения отметим, что уловистость трала в этом водоеме, по данным мечения, в 2–3 раза больше [1].

Опыты в Рыбинском водохранилище подтвердили низкую уловистость трала в дневное время. При этом отмечено, что $K_{\text{улов}}$ зависит от глубины тралений: в придонных горизонтах трал более уловист.

На тоне „9-я Огневка“ (дельта Волги) были проведены исследования по определению $K_{\text{улов}}$ 2 закидных неводов, ведущих промысел осетровых. Определено, что размах $K_{\text{улов}}$ составлял 18–75%. В среднем это дает величину 38%. Уловистость осетрового невода, определенная методом мечения рыб, оценена в 17–56% [2].

Интересные данные получены по $K_{\text{улов}}$ ряпушки в оз. Плещеево летом 1979 г. Днем ряпушка активно уходит от трала. Ее можно поймать только ночью, через 2–3 ч после захода солнца. В это время ряпушка распределяется ровным слоем в зоне термоклина на глубине 11–12 м. Прицельное траление в этом горизонте за 10 мин дает улов до 10–15 кг. Прилов других видов, в основном щуки, налима, составляет менее 1%. Эхограмма записи трала и распределения рыб в ночное время показывает, что после трала рыбы нет (рис. 2). Отмечается уход отдельных особей в стороны и чаще вверх от трала. Подсчет количества рыб по эхограмме и в уловах показал, что уловистость трала ночью сравнительно высока и составляет 20–75%, в среднем 40%.

Рис. 2. Запись трала по горизонту концентраций ряпушки.



Из приведенных данных видно, что вариации уловистости одного и того же орудия лова даже на одном биотопе весьма значительны. Такой же размах $K_{\text{улов}}$ отмечается и в исследованиях другими методами. Так, уловистость путассу колеблется от 2 до 37%, трески — от 20 до 30% [3], леща — от 22 до 47% [1].

Как и любой метод исследования, эхометрическое определение $K_{\text{улов}}$ имеет ряд ограничений, связанных с возможностями рыбопоисковых приборов: трудность различения в эхозаписях отдельных сигналов от рыб, находящихся у дна и в плотных скоплениях, а детальная идентификация вида возможна только по контрольным уловам. Поэтому эхометрический метод оценки $K_{\text{улов}}$ можно применять только для разреженных скоплений рыб, находящихся в толще воды.

Таким образом, эхометрический метод в определенных условиях дает достаточно репрезентативную оценку $K_{\text{улов}}$. Этот факт, а также быстрота получения информации и простая схема расчетов позволяют считать, что предложенный метод оценки $K_{\text{улов}}$ можно успешно использовать в рыбохозяйственных исследованиях.

Л и т е р а т у р а

1. Денисов Л.И. Рыболовство на водохранилищах. М., 1978. 149 с.
2. Пальгуй В.А., Сливка А.П., Вереин Е.А. Методика определения абсолютной численности нерестовых популяций осетровых рыб р. Волги. — В кн.: Осетровое хозяйство внутренних водоемов СССР. Астрахань, 1979, с. 189-190.
3. Серебров Л.И. Использование автоматической подводной фотокамеры для изучения поведения донных рыб. — Рыбн. хоз-во, 1973, № 7, с. 52-54.
4. Юданов К.И. О разработке способа определения количества рыбы в скоплении. — Вopr. ихтиол., 1960, № 15, с. 71-76.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

В.И. Мартемьянов, Г.И. Флорова

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ СПОСОБОВ ПОИМКИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ НА ИОННЫЙ СОСТАВ СЫВОРОТКИ КРОВИ ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ

Известно, что костистые рыбы обладают высокой чувствительностью к изменениям окружающей обстановки [6], которая выражается в сдвигах многочисленных биохимических параметров. Показано, например, что поимка и транспортировка повышают уровень гликемии [1, 3], изменяют осмоляльность сыворотки крови [7], значительно снижают активность Na^+ -, K^+ -АТФ-азы в жаберном эпителии [4]. Различные орудия лова вызывают разные по величине и длительности отклонения биохимических параметров, в том числе показателей ионного гомеостаза у солоноватоводных и морских костистых рыб [2, 5].

В Рыбинском водохранилище зимние отловы рыбы осуществляются преимущественно жаберными сетями, тогда как в весенне-летний сезон основная масса живой рыбы поставляется в лабораторию после отлова неводом. Учитывая это, мы решили исследовать содержание натрия и калия в сыворотке крови рыб, взятых для анализа непосредственно после поимки разными орудиями лова и после транспортировки в лабораторию.

Объектами исследования были 3 вида рыб: плотва (*Rutilus rutilus* L.), лещ (*Abramis brama* L.), щука (*Esox lucius* L.). Каждая выборка содержала особей одинаковой стадии зрелости. Кровь для анализа получали из хвостовой артерии. Для этого отсекали хвост и позволяли нескольким каплям крови предварительно стечь наружу. Часть проб брали на берегу, часть у рыб того же отлова после транспортировки в лабораторию. Кровь центрифугировали со скоростью 3000 об/мин в течение 10 мин. Сыворотку разводили в 100 раз дистиллированной водой и анализировали в ней содержание натрия и калия методом фотометрии в воздушно-пропановом пламени на приборе „Phlapho-4“. Результаты анализа обрабатывали статистически. Использовали среднеарифметическую величину (\bar{M}), ошибку этой средней (m) и вероятность ошибочных суждений (P - на основе коэффициента Стьюдента). Количество использованных особей обозначали n .

Концентрация ионов в сыворотке крови, взятой сразу же после поимки рыб, приведена в таблице. Во всех случаях уровень концентрации натрия у рыб, пойманных сетью, ниже, чем у рыб, отловленных неводом. Концентрация калия, наоборот, выше в сетных уловах. Одно притонение невода продолжалось до 20 мин, тогда как сеть проверялась не чаще, чем через 2 суток.

Концентрация натрия и калия в сыворотке крови рыб,
выловленных в апреле 1978 г. разными орудиями лова

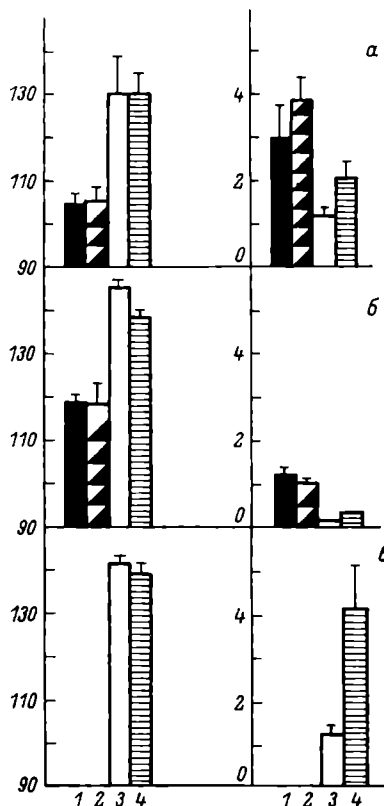
Вид рыбы	Сеть $\text{Na}^+ (M \pm m)$, мэкв/л	n	Невод $\text{Na}^+ (M \pm m)$, мэкв/л	n	P
Плотва	104.3 ± 2.4	6	130.0 ± 9.1	5	0.05
Лещ	108.7 ± 1.3	8	135.0 ± 2.0	7	0.001
Щука	120.0 ± 2.28	6	141.3 ± 2.1	11	0.001

Вид рыбы	Сеть $\text{K}^+ (M \pm m)$, мэкв/л	Невод $\text{K}^+ (M \pm m)$, мэкв/л	P
Плотва	3.0 ± 0.75	1.18 ± 0.7	0.05
Лещ	1.23 ± 0.14	0.13 ± 0.0	0.001
Щука	4.05 ± 1.27	1.19 ± 0.19	0.001

Естественно принять, что жаберная сеть оказывала во всех случаях более сильное и длительное стрессорное действие на рыбу, чем невод. Поэтому, оценивая функциональное состояние пресноводных рыб по ионным показателям сыворотки крови, мы полагаем, что особи с пониженным содержанием натрия и повышенным содержанием калия подвергались более сильному стрессорному действию, чем рыбы, у которых такое изменение проявилось меньше.

В связи с этим представляют интерес данные, полученные после транспортировки рыб в лабораторию. Они также позволяют заключить, что по ионным показателям можно оценить силу стрессорного воздействия и отнести в наших условиях кратковременный невод к значительно менее стрессирующему фактору, чем сеть или последовавшая за отловом транспортировка. Концентрация калия у всех видов рыб, отловленных неводом, возросла после транспортировки, а концентрация натрия либо не изменялась, либо заметно снизилась (см. рисунок). У рыб из сетных уловов не обнаружено заметных различий концентрации ионов до транспортировки и после нее. По-видимому, сила и длительность стрессорного воздействия сети настолько велики, что транспортировка не оказывает дополнительного действия. Интересно, что рыба, выжившая в сетях, теряет ионы натрия до определенного уровня: плотва и лещ около 20%, щука - 14%.

Обращает на себя внимание видовая специфика уровня калия в сыворотке крови рыб (менее стрессированных), отловленных неводом: исходный уровень у плотвы значительно выше, чем у леща и сходен с таковым у щуки. У щуки уровень калия становится самым высоким после транспортировки (см. рисунок). Транспортировка оказывает наиболее заметные сдвиги в концентрации



Влияние транспортировки на ионный состав сыворотки крови пресноводных рыб.

а - плотва, б - лещ, в - щука. По оси ординат: слева - концентрация натрия, мэкв/л, справа - концентрация калия, мэкв/л; по оси абсцисс: 1 - из сети, 2 - после транспортировки сетного улова, 3 - из невода, 4 - после транспортировки неводного улова (2, 4 - пробы взяты спустя 4-5 ч после поимки рыбы).

натрия у леща по сравнению с другими видами. По-видимому, в этом проявляется видовая специфика изменения ионных показателей в ответ на стрессорные воздействия.

Л и т е р а т у р а

1. П л и с е ц к а я Э.М. Гормональная регуляция углеводного обмена у низших позвоночных. Л., 1975. 216 с.
2. G r a f f l i n A.L. Chloride and total osmotic pressure in the blood of marine teleost. - Biol. Bull., 1935, vol. 69, p. 215-258.
3. H a t t i n g J. Blood sugar as an indicator of stress in the fresh water fish, *Labeo capensis* (Smith). J. Fish. Biol., 1977, vol. 10, p. 191-195.
4. L a s s e r r e P., B o e u f G., H a r a c h e Y. Osmotic adaptation of *Ohcorhynchus kisutch* Walbaum. I. Seasonal variation of gill $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATP}$ ase activity in coho salmon, 0⁺ - age and yearling, reared in fresh water. - Aquaculture, 1978, vol. 14, N 4, p. 365-382.
5. O i k a r i A. Hydromineral balance in some brackish - water teleosts after thermal acclimation, par-

- ticularly at temperatures near zero. - Ann. zool. Fennici., 1975, vol. 12, p. 215-229.
6. S o i v i o A., O i k a r i A. Haematological effects of stress on a teleost, *Esox lucius* L. - J. Fish. Biol., 1976, vol. 8, p. 397-411.
7. U m m i n g e r B.L. Effects of subzero temperatures and trawling stress on serum osmolality in the winter flounder *Pseudopleuroectes americanus*. - Biol. Bull., 1970, vol. 139, p. 574-579.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 597.554.3-15(282.247.41)

Ю.Г. И з ю м о в

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МОРФЫ
ПЛОТВЫ *RUTILUS RUTILUS* L.
В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

У типичной формы плотвы *Rutilus rutilus* L. описан ряд экологических морф, обитающих в озерах разной трофности и различающихся экстерьерными признаками и темпами роста [5, 6]. Между тем образование экологических морф плотвы может быть связано с различиями питания рыб, обитающих в одном водоеме. Так, аральская плотва *Rutilus rutilus aralensis* Berg представлена 2 экологическими морфами: быстрорастущей ходовой и медленно-растущей прибрежной (камышовой) *R. r. aralensis morpha phragmiteti* Berg [1]. В пище ходовой плотвы преобладают моллюски, камышовая плотва питается преимущественно растительной пищей [2]. Существование экологических морф плотвы, различающихся по характеру питания, возможно и в водохранилищах. В 1961 г. А.Г. Поддубным [4] были исследованы темпы роста номинального подвида из открытых частей и побережья Рыбинского водохранилища (см. рисунок). Ходовая плотва из открытых частей водохранилища отличалась более высоким темпом роста и питалась преимущественно моллюсками, в частности расселившейся к тому времени по водохранилищу *Dreissena polymorpha*. Пищу прибрежной тугорослой плотвы составляли низшие растения и зарослевая фауна [4]. Автор сделал вывод, что причиной разделения единой популяции плотвы на 2 экологические группы явилось широкое расселение дрейссены, начавшееся с 1951 г.

Процессы формирования Рыбинского водохранилища, его фауны и флоры продолжают и в настоящее время. В частности, численность и биомасса дрейссены продолжали возрастать в 1968-

Т а б л и ц а 1

Экстерьерные признаки ходовой и прибрежной морф плотвы
в 1976-1978 гг., % к длине тела

Морфы	C	H	h	αD
Ходовая	20.4 \pm 0.20	34.4 \pm 0.18	10.5 \pm 0.10	51.9 \pm 1.38
Прибрежная	22.1 \pm 0.15	32.3 \pm 0.19	11.0 \pm 0.21	54.8 \pm 0.30
td	6.8	7.8	1.7	2.5

Морфы	αV	αA	VA
Ходовая	49.7 \pm 0.32	72.6 \pm 1.27	26.1 \pm 1.65
Прибрежная	49.7 \pm 0.22	72.6 \pm 0.35	24.7 \pm 0.20
td	0.0	0.0	0.0

П р и м е ч а н и е. C - длина головы, H - наибольшая высота тела, h - наименьшая высота тела, αD - антедорсальное расстояние, αV - антевентральное расстояние, αA - антеанальное расстояние, VA - вентроанальное расстояние. Стандартные значения критерия Стьюдента для разности средних 2.0-2.7-3.5.

Т а б л и ц а 2

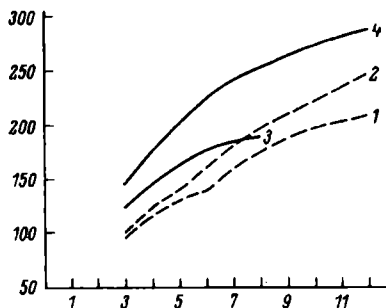
Меристические признаки ходовой и прибрежной плотвы
в 1976-1978 гг.

Морфы	Число чешуй в l.l.	Число ветвистых лучей в A	Число ветвистых лучей в D
Ходовая n = 294	42.8 \pm 0.088	10.25 \pm 0.045	10.01 \pm 0.020
Прибрежная n = 213	43.05 \pm 0.067	10.29 \pm 0.036	9.98 \pm 0.020
P	<0.05	>0.05	>0.05

1973 гг. [3]. В связи с этим важно было выяснить, сохранились ли различия между прибрежной и ходовой морфами плотвы, установленные в 1961 г. С этой целью нами определены темпы роста, экстерьерные и счетные признаки плотвы, пойманной в 1976-1978 гг. в открытых частях Волжского, Моложского и Шекснинского плесов, а также плотвы, обитающей в прибрежье в районе Борка. Полученные данные показывают, что по сравнению с 1961 г. темпы роста как ходовой, так и прибрежной плотвы возросли (см. рисунок).

Линейный рост ходовой и прибрежной плотвы.

1 - прибрежная (1961 г.), 2 - ходовая (1961 г.) [4], 3 - прибрежная (1976-1978 гг.), 4 - ходовая (1976-1978 гг.). По оси ординат - длина тела, мм; по оси абсцисс - возраст, годы.



Т а б л и ц а 3

Встречаемость рыб с глоточными зубами (D.f.) разной формулы в популяциях ходовой и прибрежной плотвы

Морфа D.f.	6-5	5-5	6-6	7-6	5-6
Ходовая n = 281	91.8	6.8	0.7	0.3	0.4
Прибрежная n = 499	85.4	13.4	1.0	0.0	0.2

Вместе с тем расхождение по этому признаку между двумя морфами увеличилось. Если в 1961 г. и ранее ходовая плотва росла в среднем в 1,38 раза быстрее прибрежной, то в настоящее время это соотношение составляет 1,57.

Ходовая плотва отличается от прибрежной относительно меньшей длиной головы и большей высокоспинностью (табл. 1).

Сравнение ходовой и прибрежной морф по меристическим признакам (табл. 2) показывает, что прибрежная морфа отличается несколько большим числом чешуй в боковой линии. Различий по числу ветвистых лучей в спинном (D) и анальном (A) плавниках у этих морф не обнаружено.

Разграничение объектов питания ходовой и прибрежной морф сдвинуло соотношение, рыб с разной формулой глоточных зубов (табл. 3). Различие распределений, приведенное в табл. 3, достоверно по критерию χ^2 с вероятностью более 0,999.

При анализе глоточных зубов найдена особь с формулой 7-6. В доступной нам литературе описание глоточных зубов с такой формулой отсутствует.

Перечисленные факты свидетельствуют о продолжающейся дивергенции плотвы Рыбинского водохранилища на 2 экологические морфы - ходовую и прибрежную. Это следует учитывать при биоэкологических исследованиях и составлении прогнозов изменения ихтиофауны.

1. Б е р г Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М., 1949, ч. 2, с. 469-925.
2. Ж е л т е н к о в а М.Ф. Состав пищи и рост некоторых представителей *Rutilus rutilus*. - Зоол. ж., 1949. т. 28, вып. 3., с. 257-269.
3. М и т р о п о л ь с к и й В.И. Состояние зообентоса Рыбинского водохранилища в 1973 г. - Информ. бюл. „Биол.внутр. вод“, 1978, № 39, с. 18-22.
4. П о д д у б н ы й А.Г. Об адаптивном ответе популяций плотвы на изменение условий обитания. - В кн.: Биология рыб волжских водохранилищ, М.; Л., 1966, с. 131-139.
5. П р а в д и н И.Ф. Описание некоторых форм русской плотвы. - В кн.: Матер. к познанию русского рыболовства, 1915, т. 4, вып. 9, с. 13-21.
6. S t a n g e n b e r g M. Die ökologische Variabilität der Plötze. - Inst. Badawsky Lasow Pastwowych, 1938, ser. A, n. 39, p. 3-42.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

ИНФОРМАЦИИ

О совместных работах Гидропроекта и ИБВВ АН СССР в области рационального природопользования при энергетическом строительстве на внутренних водоемах (Н.В. Буторин, С.М. Успенский, А.Г. Поддубный, Б.С. Малеванчик)	3
Всесоюзное совещание по проблеме защиты рыб от попадания в водозаборные сооружения (В.К. Конобеева)	5
Исследования термопреферендума рыб за рубежом (В.К. Голованов)	6

СООБЩЕНИЯ

С.М. Успенский, Б.С. Малеванчик, В.И. Сердюков. Исследование и разработка новой конструкции искусственных нерестилищ промысловых рыб	9
Л.К. Малинин, Б.С. Малеванчик. Влияние концентрации рыб на эффективность работы рыбопропускных сооружений	11
А.Г. Поддубный, Л.К. Малинин, Г.А. Батычков, В.Г. Терещенко. Опыт определения численности осетровых под плотиной Волжской ГЭС им. XXII съезда КПСС	14
Л.К. Малинин, В.Д. Линник, В.Г. Терещенко, М.И. Базаров. О распределении рыб под плотиной Саратовской ГЭС	17
А.Г. Поддубный, Л.К. Малинин, Б.С. Малеванчик, В.Д. Линник. Численность сырты (imba vimba) в нижнем бьефе Рижской ГЭС	22
А.Г. Теплякова, С.И. Глейзер, В.В. Федяй. Влияние изменений гидростатического давления на состояние и поведение молоди пресноводных рыб	25
Д.С. Павлов, В.К. Нездолий. О травмировании молоди рыб при скате через низконапорные гидроузлы	29
Л.К. Малинин, М.И. Базаров. О вертикальном распределении рыб под плотинами гидроузлов	32
А.А. Яржомбек. Механизм и скорость плавания рыб	35
В.В. Лапкин, А.Г. Поддубный, В.Р. Протасов, И.И. Пятницкий, Г.Н. Соболев. Способ локального управления поведением рыб	38
В.К. Голованов, М.И. Базаров. Влияние голодания на избираемые температуры у молоди леща, плотвы и окуня	42
В.К. Голованов, В.Д. Линник. Избегаемые температуры у молоди рыб	45
	69

	Стр.
А.М. С в и р с к и й. Особенности формирования суточного ритма двигательной активности взрослого окуня	48
А.М. С в и р с к и й. Сезонно-возрастная зависимость суточного ритма двигательной активности окуня	52
Л.К. М а л и н и н, В.Г. Т е р е щ е н к о. Некоторые особенности применения гидролокатора „Лещ“ для поиска рыбы в мелководных водоемах	55
Л.К. М а л и н и н, В.Д. Л и н и я к. О возможности эхометрического определения коэффициента уловистости активных орудий лова ...	58
В.И. М а р т е м ь я н о в, Г.И. Ф л е р о в а. Влияние разных способов поимки и транспортировки на ионный состав сыворотки крови пресноводных рыб	62
Ю.Г. И з ь м о в. Экологические морфы плотвы <i>Rutilus rutilus</i> L. в Рыбинском водохранилище	65

C O N T E N T S

Information

Page

On the collaboration of the Gidroproect and the Inst. Biol. Inland Waters, AC. Sci. USSR, in the field of rational utilization of natural resources in hydro power construction on inland waters (N.V. Butorin, S.M. Uspenski, A.G. Poddubnyi, B.S. Malevanchik)	3
All-Union conference on protecting fish from getting into water inlets (V.K. Konobeeva)	5
Foreign investigations of fish thermal preference (V. K. Golovanov)	6

ARTICLES

S.M. U s p e n s k i, B.S. M a l e v a n c h i k, V.I. S e r d y u k o v. Study and development of new design of artificial spawning grounds for commercial fish	9
L.K. M a l i n i n, B.S. M a l e v a n c h i k. The influence of fish concentration on the efficiency of fish pass constructions	11
A.G. P o d d u b n y i, L.K. M a l i n i n, G.A. B a t y c h k o v, V.G. T e r e s c h e n k o. An experience of determination of the number of sturgeon fish below the dam of the Volzhskaya power station after the name of the 22nd congress of the CPSU	14
L.K. M a l i n i n, V.D. L i n n i k, V.G. T e r e s c h e n k o, M.I. B a z a r o v. On distribution of fish below the dam of the Saratovskaya power station	17
A.G. P o d d u b n y i, L.K. M a l i n i n, B.S. M a l e v a n c h i k, V.D. L i n n i k. The abundance of Vimba vimba in the tail waters of the Rizhskaya power station	22
A.G. T e n l y a k o v a, S.I. G l e i z e r, V.V. F e d y a i. The effect of changes in hydrostatic pressure on condition and behaviour of the youngs of freshwater fishes	25
D.S. P a v l o v, V.K. N e z d o l i. Injuring of fish when passing through low head hydrotechnical structures	29
L.K. M a l i n i n, M.I. B a z a r o v. Vertical distribution of fish below the dams	32
	71

A.A. Y a r z h o m b e c. The mechanism and velocity of swimming in fish	35
V.V. L a p k i n, A.G. P o d d u b n y i, V.R. P r o t a s o v, I.I. P y a t n i t s k i, G.N. S o b o l e v. A method of local control of fish behavior.	38
V.K. G o l o v a n o v, M.I. B a z a r o v. The influence of hunger on the preferred temperatures in the youngs of bream, roach and perch	42
V.K. G o l o v a n o v, V.D. L i n n i k. The avoided temperatures in the youngs of fish	45
A.M. S v i r s k y i. Formation peculiarities of the daily rhythm of the motor activity in perch	48
A.M. S v i r s k y i. Seasonal and age dependance of the daily rhythm of the motor activity in perch	52
L.K. M a l i n i n, V.G. T e r e s c h e n k o. Some features of using hydrolocator „Bream” for search of fish in shallow waters	55
L.K. M a l i n i n, V.D. L i n n i k. On a possibility of echometric determination of the efficiency coefficient of the active fishing gear	58
V.I. M a r t e m i y a n o v, G.I. F l e r o v a. The influence of different means of catch and transportation upon the ionic composition of blood serum in fresh-water fish	62
Yu.G. I z y u m o v. Ecological morphs of roach <i>Rutilus rutilus</i> Linne in the Rybinsk reservoir	65

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД
Информационный бюллетень № 50

Утверждено к печати

Институтом биологии внутренних вод Академии наук СССР

Редактор издательства Л.М. Маковская
Технический редактор Е.В. Поликтова
Корректор Е.А. Гинстлинг

ИБ № 20081

Подписано к печати 05.03.81. М-19974. Формат 60х90 1/16. Бумага
офсетная № 1. Печать офсетная. Печ. л. 4 1/2 = 4,50 усл. печ. л. Уч.-изд. л. 4,5.
Тираж 1000. Изд. № 7969. Тип. зак. № 245 Цена 70 к.

Издательство „Наука”, Ленинградское отделение
199164, Ленинград, В-164, Менделеевская лин., 1

Ордена Трудового Красного Знамени Первая типография издательства „Наука”
199034, Ленинград, В-34, 9 линия, 12