

УДК 504.455+597.2/5

Особенности распределения личинок и ранней молоди рыб в районе Нижегородской ГЭС и определение прямых потерь водных биоресурсов на начальных стадиях развития при использовании воды на нужды гидроэнергетики

А.А. Клевакин, В.В. Логинов, А.В. Моисеев

Государственный научно-исследовательский институт озёрного и речного рыбного хозяйства (ФГБНУ «ГосНИОРХ», г. Нижний Новгород)
e-mail: gosniorh@list.ru

Статья основана на результатах натурных наблюдений 2013–2014 гг., проведённых в верхнем (Горьковское водохранилище) и нижнем (Чебоксарское водохранилище) бьефах Нижегородской ГЭС (Нижегородская область), а также непосредственно на технических сооружениях ГЭС. Получены данные о характере пространственно-временного распределения, динамике ската и миграции, видовом составе и численности личинок, ранней молоди. Выполнена количественная оценка прямых потерь водных биоресурсов в результате их гибели на ранних стадиях развития (покатные личинки и ранние мальки рыб) при эксплуатации гидроагрегатов ГЭС в весенне-летний период. Негативное воздействие на водные биоресурсы при регулировании стока водохранилищ и колебаниях уровня воды в нерестовый период не оценивалось. Средние ежегодные потери водных биоресурсов (ВБР) на ранних стадиях развития в результате использования воды только для нужд гидроэнергетики в натуральном выражении составили 12% от общего промыслового запаса на Нижегородском участке Горьковского водохранилища: 40,626 т в промысловом возврате при гибели личинок рыб; 280,193 т в промысловом возврате при гибели мальков рыб. Особенности пространственно-временного распределения молоди рыб позволяют разработать комплекс превентивных мер по снижению потерь водных биоресурсов в результате их прямой гибели в гидроагрегатах и системах технического водоснабжения ГЭС.

Ключевые слова: водные биологические ресурсы, водохранилища, гидротехнические сооружения, нерестовый период рыб.

ВВЕДЕНИЕ

Создание и эксплуатация каскадов плотин и гидротехнических сооружений (ГТС) приводят к негативным антропогенным изменениям абиотических условий речных и морских экосистем, что наносит значительный вред водным биологическим ресурсам (ВБР). Работа гидроэлектростанций (ГЭС) также оказывает

прямое воздействие на ВБР, выражающееся в непосредственной гибели рыб, главным образом личинок и молоди, в результате их прохождения через турбины с током воды и при попадании в насосные установки систем технического водоснабжения.

Несмотря на достигнутый прогресс в изучении покатных миграций и закономерностей

пространственно-временного распределения молоди рыб в бассейне р. Волги, участки Средней Волги исследованы слабо. Наиболее полно изучены лишь верховье [Павлов и др., 1981, 1982, 1999; Костин и др., 1997] и дельта реки [Жидовинов, 1985; Костин, 2000]. Выяснение закономерностей пространственно-временного распределения ВБР в зоне прямого воздействия ГТС Средней Волги является необходимым для разработки комплекса превентивных мероприятий, обеспечивающих снижение прямых потерь ВБР в результате гибели рыб при эксплуатации ГЭС. Таким образом, определение влияния ГТС на состояние ВБР Горьковского и Чебоксарского водохранилищ в современных условиях является актуальной рыбоводно-биологической задачей для решения вопросов эффективного сохранения водных биоресурсов в условиях интенсивного антропогенного воздействия.

Целью работы были оценка пространственно-видового распределения пополнения популяций рыб в нижнем и верхнем бьефах Нижегородской ГЭС, определение количества гибнущих и травмируемых при эксплуатации ГЭС личинок и ранних мальков рыб. Это необходимо для дальнейшей разработки комплекса мероприятий по снижению прямых потерь ВБР в результате использования водного объекта для производства электрической энергии и забора воды на нужды технического водоснабжения в период ската и миграции рыб на начальных стадиях развития.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования выполнялись в верхнем (Горьковское) и нижнем (Чебоксарское водохранилище) бьефах в весенне-летние (нерестовые) периоды 2013–2014 гг. Сбор ихтиологических материалов проводился по общепринятым методикам [Правдин, 1966; Пахоруков, 1980; Сечин, 1990; Котляр, 2004; Калайда, Говоркова, 2013]. Распределение молоди рыб приведено согласно [Правдин, 1966; Пахоруков, 1980; Павлов, Пахоруков, 1983], а видовая принадлежность и стадии развития определялись по [Коблицкая, 1981; Атлас..., 2002]. Учёт молоди рыб в акватории Нижегородской ГЭС проводился конусными ихтиопланктонными ловушками в соответствии

с методическими подходами, описанными в работах [Павлов и др., 1999; Пахоруков, 1980]. Для визуализации распределения численности покатных личинок верхнего и нижнего бьефов Нижегородской ГЭС и более точного выявления особенностей распределения были построены модели с помощью ГИС-технологий (программа ArcGis 9.3). Концентрации покатных личинок рыб были распределены по 12 основным биотопическим зонам (рис. 1). Оценка абсолютного количества гибнущих личинок и молоди рыб проводилась с учётом положений Методики оценки вреда, наносимого водным биологическим ресурсам [Об утверждении..., 2012].

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ

Нижегородский гидроузел расположен на р. Волга у г. Городец, в 440 км ниже по течению от Рыбинской ГЭС (850 км судового хода по «Атласу единой глубоководной системы Европейской части РСФСР»). Комплекс гидросооружений относится к I классу. В составе основного оборудования имеется 8 гидротурбин установленной мощностью 65 МВт типа ПЛ-510-ВБ-900, ЛМЗ. Общая мощность ГЭС — 520 МВт. Максимально возможный расход через гидроагрегат (при расчётном напоре 14 м и номинальной мощности 70,0 МВт) — 592,6 м³/с. Проектный уровень верхнего бьефа (Горьковское водохранилище) — 84,0 мБС, нижнего бьефа (р. Волга) — 68,0 мБС. Напорный столб — 16,0 м. При отметке НПУ подпор плотины распространяется по р. Волга до створа Рыбинской ГЭС. Полезная ёмкость при отметке сработки 82,0 м БС составляет 5,3% от среднегогодового притока (52,6 км³). Количество шлюзов для прохода водного транспорта — 4 (2 камеры, 2 ступени).

В период проведения исследований среднесуточный объём сброса составил 153,34 млн м³/сут., максимальный объём суточного пуска наблюдался в апреле 2013 г. и составлял до 634,20 млн м³/сут., минимальный — 52,8 млн м³/сут. в апреле 2014 г. (год с неблагоприятными условиями водности для гидроэнергетики).

Верхний бьеф Нижегородской ГЭС расположен в пределах приплотинного отдела Горь-

ковского водохранилища. Площадь верхнего бьефа в исследуемом створе (841–850 км судового хода) составляет около 7000 га, объём — 0,56 км³, средняя глубина — 8 м. В целом площадь мелководий приплотинного отдела Горьковского водохранилища с глубинами до 2 м составляет 1,9 тыс. га или 11,2% от общей площади. Нерестилища рыб приурочены к устьям впадающих малых рек и заливам, по площади составляющим всего 75 га [Кожевников, 1965; Об утверждении..., 2015]. Места нереста приурочены преимущественно к правобережью — устьев рек Санахта, Троица, Юг, Вершиловский залив. Единственный левобережный приток в исследуемом створе — р. Белая, впадает в водохранилище в районе аванпорта шлюзового канала, на удалении более 4 км от плотины гидроагрегатов ГЭС. Отличительными особенностями участка являются: значительная ширина (от 6 до 9 км), замедленная скорость течения в результате влияния подпора ГЭС, варьирование донного рельефа и наличие больших глубин (до 15 м). Скорость течения зависит от расхода воды в створе гидроузла, достигает максимума в период половодья — до 0,4 м/с, в межень составляет от 0,05 до 0,15 м/с. В межень большее значение имеет ветровое течение, достигающее 0,35 м/с [Ярославцев, 1968]. Комплекс морфометрических и гидрологических условий способствует слабому перемешиванию толщи воды на участке. Подходной канал к водоприёмным окнам гидроагрегатов ГЭС ориентирован в северо-западном направлении, с правого берега ограничен земляными плотинами берегоукрепления, в сторону русловой части водохранилища выраженных естественных (рельеф дна) и искусственных границ (дамбы, насыпи) не имеет.

Нижний бьеф гидроузла приурочен к верхнему речному участку Чебоксарского водохранилища, абиотические условия сформировались в результате строительства дамб и плотин гидроузла, динамика сезонного и суточного варьирования гидрологических показателей обусловлены режимом работы ГЭС.

После выемки грунта для строительства плотин искусственно сформированы водоемы Прорези — мелководный залив с изрезанной береговой линией площадью около 1,1 км²,

примыкающий к старому руслу р. Волга; а также межшлюзовой бьеф — водоём правильной формы площадью около 2,2 км², используемый для ремонта и временного отстоя судов, сообщающийся с Чебоксарским и Горьковским водохранилищами шлюзовыми камерами с подходным каналом и аванпортом.

В отводящем канале ГЭС скорость течения колеблется от 0,5 до 1,0 м/с. На других участках нижнего бьефа течения можно характеризовать как приливно-отливные за счёт попусков воды, с регулярными суточными падениями и поднятиями уровня воды. Характер течений обуславливает интенсивный русловой процесс побочного типа с образованием песчаных гряд на границе отводящего канала ГЭС и старого русла р. Волги, с учётом направления преобладающих течений препятствующий возможному попаданию личинок из старого русла и водоёма Прорези в отводящий канал.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Численность и пространственно-временное распространение личинок рыб

1.1. Численность молоди рыб на участках (зонах) акватории плотины. Важным этапом в жизненном цикле большинства видов рыб являются покатные миграции молоди. Транспортная сила течения в водоёме используется для расселения молоди в пределах ареала. В соответствии со сроками нереста рыб, скат основной массы покатных личинок обычно происходит во второй половине мая — июне [Минин и др., 2004].

Данные ихтиологических съёмов по численности молоди рыб в районе плотины Нижегородской ГЭС позволили определить места её концентрации и массового ската в весенний нерестовый и раннелетний периоды (рис. 1).

В Горьковском водохранилище выше плотины Нижегородской ГЭС наблюдается неоднородность концентраций личинок рыб по акватории водоёма. Невысокие концентрации личинок рыб были отмечены в районе аванпорта (зона Н, левый берег водохранилища, район шлюзового канала) — до 0,066 экз./м³. На правобережье, представляющем из себя цепь устьевых участков впадающих рек, численность личинок рыб значительно выше: в р.

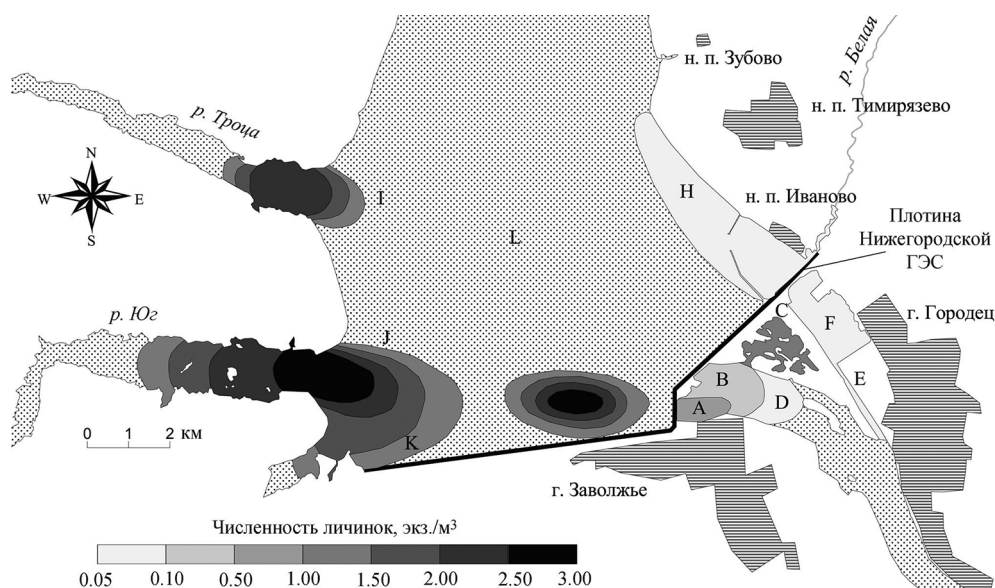


Рис. 1. Численность покатных личинок рыб в верхнем и нижнем бьефах Нижегородской ГЭС, экз./м³. Нижний бьеф: А — зона воздействия агрегатов ГЭС; В — старое русло р. Волги; С — водоёмы Прорези; D — р. Волга ниже плотины; Е — подходной канал шлюзов нижнего бьефа; F — межшлюзовый канал. Верхний бьеф: Н — левый берег Горьковского водохранилища до р. Белой; I — устье р. Троца; J — устье р. Юг; K — Вершиловский залив; L — русловая зона Горьковского водохранилища; M — левобережье Горьковского водохранилища в районе рек Шмиль и Яхра

Троца — 1,835–2,447 экз./м³, в р. Юг — 1,627–3,765 экз./м³, в Вершиловском заливе — 1,271–1,870 экз./м³. Это свидетельствует о том, что основное направление ската молоди рыб к плотине Нижегородской ГЭС приурочено к правобережью Горьковского водохранилища — глубоководной русловой зоне (рис. 1).

Ниже плотины Нижегородской ГЭС максимальные концентрации личинок рыб отмечены в водоёмах Прорези (0,304–2,269 экз./м³). В старом русле Волги в районе подходного канала к шлюзам ГЭС численность личинок рыб была низкой (0,083–0,294 экз./м³). Это подтверждает, что водоёмы Прорези являются основным местом нереста рыб в нижнем бьефе ГЭС.

Относительно высокая концентрация личинок (0,854 экз./м³) в зоне воздействия агрегатов ГЭС обусловлена исключительно их скатом из верхнего бьефа. Попадание личинок на данный участок из мест их массового скопления в нижнем бьефе вследствие гидрологических особенностей (направление течений) и характера руслового процесса (формирова-

ние песчаных гряд), по нашему мнению, маловероятно.

Видовой состав уловов ловушками также свидетельствует о том, что молодь и личинки в отводящий канал ГЭС попали из Горьковского водохранилища через гидроагрегаты ГЭС.

В видовом составе покатных личинок рыб в нижнем бьефе ГЭС на участках с сильным течением (зона воздействия агрегатов ГЭС и шлюзовой канал) преобладает окунь *Perca fluviatilis* (L, 1758) (81–60% от общей численности), существенна доля плотвы *Rutilus rutilus* (L, 1758), налима *Lota lota* (L, 1758) и судака *Stizostedion lucioperca* (L, 1758) (табл. 1).

На основном нерестилище рыб — водоёмах Прорези — преобладали личинки карповых видов рыб: густеры *Blicca bjoerkna* (L, 1758) (48%), плотвы (*R. rutilus*) (20%) и леща *Abramis brama* (L, 1758) (12%). Окунь на этом участке составлял лишь 19% от общей численности. В старом русле Волги непосредственно у плотины ГЭС были отмечены только личинки уклей *Alburnus alburnus* (L, 1758).

Таблица 1. Видовой состав покатных личинок рыб в верхнем и нижнем бьефах Нижегородской ГЭС (нерестовый период), %

Виды / зона	Нижний бьеф					Верхний бьеф			
	Зона воздействия агрегатов ГЭС (А)	Старое русло (В)	Водоёмы Прорези (С)	Шлюзовой канал, Змейка (Е-Г)	Устье р. Троица (I)	Устье р. Юг (J)	Вершиловский залив (К)	Акватория ГВ подход к ГЭС (L)	Аванпорт (H)
<i>A. brama</i>	1,9	—	11,7	—	8,0	1,3	8,5	0,8	—
<i>S. lucioperca</i>	7,9	—	—	—	0,03	—	—	5,4	—
<i>L. lota</i>	—	—	—	13,7	—	—	—	0,4	—
<i>Esox lucius</i>	—	—	—	—	—	0,4	0,1	—	—
<i>P. fluviatilis</i>	81,3	—	19,2	59,5	5,6	0,6	0,6	84,3	—
<i>R. rutilus</i>	—	—	20,4	20,3	55,6	74,8	81,8	—	100
<i>Pelecus cultratus</i>	3,9	—	—	—	—	—	—	3,4	—
<i>B. bjoerkna</i>	—	—	48,2	—	2,4	—	4,6	—	—
<i>C. carassius</i>	—	—	—	—	27,9	23,0	0,7	—	—
<i>Tinca tinca</i>	—	—	—	—	—	—	3,0	—	—
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	—	—	—	—	—	—	0,1	—	—
<i>Clupeonella cultriventris</i>	2,0	—	—	—	—	—	—	0,7	—
<i>C. albula</i>	3,0	—	0,5	6,5	—	—	—	5,0	—
<i>A. alburnus</i>	—	100	—	—	0,5	—	0,5	—	—
<i>Gobio gobio</i>	—	—	—	—	—	—	0,1	—	—
Всего:									
%	100	100	100	100	100	100	100	100	100
экз./м ³	0,854	0,244	1,142	0,083	2,141	2,696	1,571	2,619	0,063

В видовом составе покатных личинок рыб в верхнем бьефе ГЭС на всех участках преобладала плотва (57–100% от общей численности), за исключением акватории Горьковского водохранилища на подходе к агрегатам ГЭС, где доминировал окунь (84%). В пределах 20–30% присутствовал карась *Carassius carassius* (L, 1758) (устье р. Троица и Юг), и в меньшей степени встречались лещ (устье р. Троица и Вершиловский залив), судак и ряпушка *Coregonus albula* (L, 1758) (подходы к ГЭС).

1.2. Временная динамика численности личинок рыб. Изменение численности личинок рыб во временном аспекте показана нами на примере подходного канала (перед гидротур-

бинами ГЭС на Горьковском водохранилище) и в отводящем канале (после гидроагрегатов ГЭС на Чебоксарском водохранилище).

В 2013 г. скат личинок рыб в верхнем бьефе ГЭС наблюдался в июне и в начале июля (табл. 2). Пик ската покатных личинок приходился на вторую декаду июня (3,530 экз./м³, или 56%). В видовом составе (всего 7 видов) преобладал окунь (61,1–92,9%).

В 2014 г. численность покатной молодежи рыб по сравнению с 2013 г. была значительно ниже, что объяснялось поздним нерестом рыб и, видимо, неблагоприятными гидрологическими условиями — низкими уровнем воды и объёмом попуска воды из Горьковского водохранилища через плотину ГЭС. Пик ската

Таблица 2. Численность покатных личинок рыб в верхнем бьефе в 2013 г.

Виды	Дата							
	20 мая		5 июня		20 июня		5 июля	
	экз./м ³	экз./м ³	%	экз./м ³	%	экз./м ³	%	
<i>A. brama</i>	—	0,040	2,4	—	—	—	—	
<i>L. lota</i>	—	0,020	1,2	—	—	—	—	
<i>S. lucioperca</i>	—	0,282	16,6	—	—	—	—	
<i>P. fluviatilis</i>	—	1,137	67,0	3,280	92,9	0,660	61,1	
<i>P. cultratus</i>	—	0,180	10,6	—	—	0,180	16,7	
<i>C. cultriventris</i>	—	0,039	2,3	—	—	0,220	20,4	
<i>C. albula</i>	—	—	—	0,260	7,4	0,020	1,9	
Всего	0,00	1,698	100	3,530	100	1,080	100	

Таблица 3. Численность покатных личинок рыб в верхнем бьефе в 2014 г.

Виды	Дата							
	20 мая		10 июня		26 июня		24 июля	
	экз./м ³	экз./м ³	%	экз./м ³	%	экз./м ³	%	
<i>A. brama</i>	—	0,004	2,5	—	—	—	—	
<i>L. lota</i>	—	0,020	12,7	—	—	—	—	
<i>S. lucioperca</i>	—	—	—	0,003	10,9	—	—	
<i>P. fluviatilis</i>	—	0,131	83,5	0,019	62,6	0,023	12,7	
<i>P. cultratus</i>	—	—	—	—	—	0,146	79,8	
<i>C. cultriventris</i>	—	0,002	1,3	—	—	—	—	
<i>C. albula</i>	—	—	—	—	—	0,014	7,5	
<i>A. brama</i>	—	—	—	0,008	26,4	—	—	
Всего	0,00	0,157	100	0,031	100	0,183	100	

Таблица 4. Численность покатных личинок рыб в нижнем бьефе ГЭС в 2013 г.

Виды	Дата							
	20 мая		5 июня		20 июня		5 июля	
	экз./м ³	экз./м ³	%	экз./м ³	%	экз./м ³	%	
<i>A. brama</i>	—	0,033	5,8	—	—	—	—	
<i>S. lucioperca</i>	—	0,134	23,6	—	—	—	—	
<i>P. fluviatilis</i>	—	0,302	53,0	1,086	95,3	0,304	92,4	
<i>P. cultratus</i>	—	0,067	11,8	—	—	0,008	2,4	
<i>C. albula</i>	—	—	—	0,051	4,5	0,002	0,5	
<i>C. cultriventris</i>	—	0,034	5,9	—	—	0,016	4,8	
Всего	0,000	0,569	100	1,139	100	0,329	100	

личинок приходился на первую декаду июня (0,157 экз./м³) и вторую декаду июля (0,186 экз./м³). В видовом составе (всего 8 видов) в июне преобладали *P. fluviatilis* (83,5–62,6%), в июле — чехонь *Pelecus cultratus* (L, 1758) (79,8%) (табл. 3).

В 2014 г. окунь уже 10 июня был представлен разновозрастной молодью от ранних личинок (стадия С2) длиной 9,8 мм (3,1%), поздних личинок (стадии D1-E) длиной 16,9±0,5 мм (81,3%) и ранних мальков средней длиной 22,4±0,2 мм (15,6%). В последующем встречалась молодь окуня только на стадии поздних личинок и мальков. В эти же сроки отмечен лещ на стадии поздних личинок (средняя длина 12,0±0,3 мм) и густера на стадии ранних личинок (средняя длина 9,8±0,1 мм). В конце июня — начале июля отмечены предличинки судака (стадия В, длина 6,6±0,2 мм) и ряпушка на стадии ранних мальков (стадия Е-Г, средняя длина 26,5±0,2 мм). В конце июля вся молодь была на стадии малька (F), в том числе чехонь (средняя длина 26,4±0,6 мм).

В нижнем бьефе Нижегородской ГЭС в 2013 г. динамика ската личинок рыб со сбросной водой через плотину ГЭС была аналогична таковой в верхнем бьефе, однако количественные показатели были ниже. Пик ската личинок приходился на вторую декаду июня (1,139 экз./м³). В видовом составе личинок (всего 6 видов) отсутствовал налим. Преобладал окунь (53,0–95,3%) (табл. 4).

В 2014 г. в нижнем бьефе ГЭС численность покатной молоди рыб по сравнению с 2013 г. была значительно ниже. Пик ската личинок приходился на первую декаду июня (0,065 экз./м³) и вторую декаду июля (0,107 экз./м³). В видовом составе (всего 7 видов) в июне преобладал окунь (93,9–66,7%), в июле — чехонь (83,3%) (табл. 5). Стадии развития личинок рыб в разные периоды были аналогичны таковым для рыб верхнего бьефа.

1.3. Суточная динамика распределения личинок рыб в толще воды. Пространственное (по горизонтам воды) и временное (суточное) распределение молоди рыб на участках зоны воздействия агрегатов ГЭС в верхнем и нижнем бьефах ГЭС приводится по исследованиям 2013 г.

В вертикальном распределении личинок рыб в верхнем бьефе имелись видовые особенности. Скот личинок судака и тюльки *Clupeonella cultriventris* (Nordmann, 1840) происходил в основном в поверхностном слое воды (73,8 и 86,3% соответственно); леща, налима и чехони — в глубинных (8–10 м) слоях воды (60,8; 90,0 и 45,0% соответственно); ряпушки — в горизонте воды 3–5 м (60,0%). Личинки окуня были распределены по всей толще воды относительно равномерно (табл. 6).

В нижнем бьефе из-за интенсивного перемешивания воды распределение молоди рыб по горизонтам воды 0–1 и 3–5 м относительно

Таблица 5. Численность покатных личинок рыб в нижнем бьефе ГЭС в 2014 г.

Виды	Дата							
	20 мая		5 июня		20 июня		25 июля	
	экз./м ³	экз./м ³	%	экз./м ³	%	экз./м ³	%	
<i>A. brama</i>	—	0,002	3,0	—	—	—	—	
<i>S. lucioperca</i>	—	—	—	0,002	16,7	—	—	
<i>P. fluviatilis</i>	—	0,061	93,9	0,006	66,7	0,011	10,0	
<i>P. cultratus</i>	—	—	—	—	—	0,089	83,3	
<i>C. albula</i>	—	0,002	3,0	—	—	—	—	
<i>C. cultriventris</i>	—	—	—	—	—	0,007	6,7	
<i>A. brama</i>	—	—	—	0,002	16,7	—	—	
Всего	0,0	0,065	100	0,010	100	0,107	100	

Таблица 6. Вертикальное распределение покатных личинок рыб в верхнем бьефе ГЭС

Виды	Стадия развития	Горизонт, м					
		0–1		3–5		8–10	
		экз./м ³	%	экз./м ³	%	экз./м ³	%
20 мая							
Всего		–	–	–	–	–	–
5 июня							
<i>A. brama</i>	C1	–	–	0,047	2,6	0,073	5,5
<i>S. lucioperca</i>	A-B	0,624	32,5	0,222	12,1	0,000	0,0
<i>L. lota</i>	D2	0,000	0,0	0,006	0,3	0,054	4,0
<i>P. fluviatilis</i>	C1-D1	1,094	56,9	1,352	73,6	0,965	72,3
<i>P. cultratus</i>	C1-D1	0,103	5,4	0,194	10,6	0,243	18,2
<i>C. cultriventris</i>	A-B	0,101	5,3	0,016	0,9	0,000	0,0
Всего		1,922	100	1,837	100	1,335	100
20 июня							
<i>P. fluviatilis</i>	F	3,156	91,8	3,899	–	2,785	98,9
<i>C. albula</i>	C1-D2	0,281	8,2	0,468	–	0,031	1,1
Всего		3,437	100	4,367	–	2,816	100
5 июля							
<i>P. fluviatilis</i>	F-G	0,635	47,8	0,785	71,0	0,560	69,5
<i>C. cultriventris</i>	C2-D2	0,570	42,9	0,090	8,2	0,000	0,0
<i>P. cultratus</i>	C1	0,103	7,7	0,194	17,6	0,243	30,2
<i>C. albula</i>	F	0,022	1,6	0,036	3,3	0,002	0,3
Всего		1,329	100	1,105	100	0,806	100

Примечание. Стадии развития: А-В — предличинки, С1-Д1 — ранние личинки, Д2-С — поздние личинки и ранние мальки.

равномерно. Численность молоди в поверхностном горизонте в разные периоды составляла 41–50% от общей, в слое воды 3–5 м — 50–59% (табл. 7).

В течение суток личинки скатывались неравномерно. Основная их масса была отмечена в тёмное время суток (в среднем по всем видам рыб 63,5%). В дневное время (14 час) наблюдались минимальные концентрации личинок (в среднем 9,0%). Для судака и леща были характерны пики ската в утренние и вечерние часы, другие же виды рыб в массе скатывались в вечернее время (табл. 8). Полученные нами данные не противоречат данным по покатым личинкам рыб верхней и нижней Волги, описанным в литературе [Павлов и др., 1981, 1999; Жидовинов, 1985; Костюрин, 2000 и др.]

2. Расчёт количества погибшей молоди (личинок, ранних мальков рыб), проходящей через турбины ГЭС

Расчёт погибшей молоди на стадии развития «предличинки» — «поздние личинки и мальки», проходящей через турбины Нижегородской ГЭС, выполнен по данным объёмов сброса воды через плотину ГЭС и численности покатных личинок рыб в отводящем канале Нижегородской ГЭС (нижний бьеф) в 2013 и 2014 гг.

При расчёте учитывалось процентное соотношение живых (без видимых повреждений), травмированных (с видимыми повреждениями) и мёртвых особей после прохождения гидроагрегатов ГЭС. Также учтена степень травмирования молоди рыб применяемыми орудиями лова.

Таблица 7. Вертикальное распределение покатных личинок рыб в отводящем канале Нижегородской ГЭС (нижний бьеф)

Виды	Горизонт, м			
	0–1		3–5	
	экз./м ³	%	экз./м ³	%
20 мая				
Всего	–	–	–	–
5 июня				
<i>S. lucioperca</i>	0,074	15,2	0,194	33,1
<i>P. fluviatilis</i>	0,304	62,6	0,300	51,0
<i>P. cultratus</i>	0,080	16,6	0,054	9,1
<i>C. cultriventris</i>	0,027	5,5	0,040	6,8
Всего	0,485	100	0,588	100
20 июня				
<i>P. fluviatilis</i>	0,868	92,3	1,304	97,8
<i>C. albula</i>	0,072	7,7	0,030	2,2
Всего	0,940	100	1,334	100
5 июля				
<i>P. fluviatilis</i>	0,294	89,0	0,314	95,6
<i>C. cultriventris</i>	0,025	7,6	0,006	1,9
<i>P. cultratus</i>	0,009	2,8	0,006	1,9
<i>C. albula</i>	0,002	0,6	0,002	0,6
Всего	0,331	100	0,328	100

Таблица 8. Суточная динамика ската личинок рыб в верхнем бьефе Нижегородской ГЭС (обобщённые данные)

Виды	Концентрация, экз./м ³				Доля, %			
	Время суток, час				Время суток, час			
	7	14	21	Среднее	7	14	21	Всего
<i>A. brama</i>	0,050	0,009	0,061	0,040	41,7	7,5	50,8	100
<i>L. lota</i>	0,009	0,001	0,051	0,020	14,8	1,6	83,6	100
<i>S. lucioperca</i>	0,404	0,017	0,426	0,282	47,7	2,0	50,3	100
<i>P. fluviatilis</i>	1,742	0,590	4,293	2,208	26,3	8,9	64,8	100
<i>P. cultratus</i>	0,029	0,102	0,410	0,180	5,4	18,9	75,8	100
<i>C. cultriventris</i>	0,016	0,025	0,077	0,039	13,6	21,2	65,3	100
<i>C. albula</i>	0,197	0,072	0,512	0,260	25,2	9,2	65,6	100
Всего	1,403	0,457	3,234	1,698	27,5	9,0	63,5	100

Смертность молоди на стадии развития А-D1, прошедшей через турбины ГЭС, составляла 100%. Мальки рыб (стадия F) на 79% были живыми (табл. 9).

Выживаемость рыб на стадии развития «ранний малёк», прошедших живыми (без видимых повреждений) через гидроагрегаты ГЭС, при экспериментальном выдерживании в ёмкостях с экспозицией 24 часа, составляла 88%. Все особи, получившие видимые внешние повреждения, при экспериментальной экспозиции в течение 24 часов погибали.

Расчётное количество молоди, прошедшей через турбины Нижегородской ГЭС либо попавшей в систему технического водоснабжения (ТВС) в июне и июле маловодного 2014 г. и средневодного 2013 г. приведено в табл. 9.

Общее количество молоди рыб (личинок), прошедшей через турбины ГЭС, и количество погибшей молоди в июне среднего по водности 2013 г. и маловодного 2014 г. существенно различаются. В 2013 г. общее количество молоди, прошедшей через турбины ГЭС, составило 3716,9 млн экз., из них 2324,2 млн экз. погибло, а в 2014 г. — 107,7 и 48,4 млн экз. соответственно. Объяснением таких существенных различий являлась низкая концентрация молоди рыб в 2014 г. Это связано с низким уровнем и значительно меньшими объёмами пропуска воды из Горьковского водохранилища через плотину ГЭС. Общее годовое количество личинок и ранних мальков, попадающих в систему технического водоснабжения ГЭС, с учётом объёмов забираемой воды составило 10,571 млн экз., при полной гибели. В видовом составе доминировали окунь (35,5%) и тюлька (34,1%). Сезонный пик встречаемости рыб в системе ТВС приходится на июль (44,2% от общего количества рыб).

Общее количество погибшей молоди рыб на стадии «ранний малёк» после прохождения через турбины ГЭС в июле 2013 и 2014 гг. существенно не различались (138,2 и 137,4 млн экз.) ($p > 0,05$).

В видовом составе погибшей рыбы в июне преобладал окунь (63,3–79,6%). В 2013 г. отмечалась довольно значительная доля судака (13,8%) и чехони (9,8%), в 2014 г. — леща (5,9%) и судака (4,8%). Основная масса молоди была представлена личинками.

В видовом составе погибшей рыбы в июле 2013 г. преобладал окунь (60,8%), которого существенно дополняли тюлька (25,4%) и чехонь (11,5%). В июле 2014 г. в составе погибшей рыбы доминировала чехонь (83,8%), доля окуня составила всего 6,6%, тюльки — 9,5%. Вся молодь была представлена «ранними мальками».

Для оценки весовых потерь ВБР в результате гибели молоди рыб при прохождении гидроагрегатов и заборе воды на технологические нужды ГЭС использовалась расчётная формула «4 б» п. 45 «Методики исчисления размера вреда, причинённого водным биологическим ресурсам» [Об утверждении..., 2012] с применением коэффициентов промыслового возврата для каждого вида рыб дифференцированно по различным возрастным стадиям.

Ежегодный размер потерь ВБР в результате использования воды на нужды гидроэнергетики и прямом потреблении при эксплуатации ГЭС только для рыб на ранних стадиях развития в натуральном выражении составляет 320,819 т. Величина потерь обусловлена преимущественно гибелью мальков рыб — 280,193 т, потери в результате гибели личинок в промысловом возврате составляют 40,626 т.

Для сравнительной оценки степени ответственности наносимого вреда можно сопоставить приведённые выше цифры с размером промыслового запаса. По результатам комплексных ихтиологических съёмок и сведений о вылове биоресурсов в рамках прогноза численности и определению общего допустимого улова, промысловые запасы рыб на Нижегородском участке Горьковского водохранилища в 2013 г., составили 2861 т. Таким образом, только прямые потери водных биоресурсов на ранних стадиях развития в результате использования воды на Нижегородской ГЭС составляют до 12% от величины общего промыслового запаса, что является существенной величиной и обуславливает необходимость разработки комплекса превентивных и пассивно-активных мер для снижения наносимого водным биоресурсам вреда.

Следует отметить, что ущерб наносится рыбным запасам не только Горьковского водохранилища. Скат личинок и мальков рыб — это естественный процесс в жизни рыб [Па-

Таблица 9. Расчёт молоди, прошедшей через турбины или попавшей в водозабор технического водоснабжения Нижегородской ГЭС в нерестовый период 2013 и 2014 гг.

Виды	Стадия развития	Показатель								
		Концентрация, экз./м ³	Живые особи, %	Погибшие особи, %	Объём пропуска воды, млн м ³	Общее количество проходящей молоди, млн экз.	Количество погибших особей после прохождения турбин ГЭС, млн экз.	Количество молоди, травмируемой орудиями лова, млн экз.	Количество погибающей молоди с учётом выживаемости живых особей, млн экз.	Общее количество погибшей молоди, млн экз.
Июнь 2013 г.										
<i>A. brama</i>	C1	0,0330	0	100	3384,9	111,7	111,7	–	–	111,7
<i>P. fluviatilis</i>	C1-D1	0,3020	0	100	3384,9	1020,6	1020,6	–	–	1020,6
<i>P. fluviatilis</i>	F	1,0860	79	21	1575	1710,5	364,5	288	449,5	449,5
<i>S. lucioperca</i>	A-B	0,1340	33	67	3384,9	453,6	303,9	303,9	321,9	321,9
<i>P. cultratus</i>	C1-D1	0,0670	0	100	3384,9	226,8	226,8	–	–	226,8
<i>C. cultriventris</i>	A-B	0,0340	0	100	3384,9	113,4	113,4	–	–	113,4
<i>C. albula</i>	C1-D1	0,0510	0	100	1575	80,3	80,3	–	–	80,3
Всего		0,5690				3716,9	2221,2	591,9	771,4	2324,2
Июнь 2014 г.										
<i>A. brama</i>	D2	0,0010	0	100	2881,7	2,8	2,8	–	–	2,84
<i>S. lucioperca</i>	B	0,0008	0	100	2881,7	2,3	2,3	–	–	2,32
<i>P. fluviatilis</i>	C1-D1	0,0033	0	100	2881,7	9,4	9,4	–	–	9,42
<i>P. fluviatilis</i>	E-G	0,0305	74,2	25,8	2881,7	87,9	22,7	1,4	7,83	29,10
<i>B. bjoerkna</i>	D1	0,0010	0	100	2881,7	2,8	2,8	–	–	2,84
<i>C. albula</i>	E-G	0,0008	22,2	77,8	2881,7	2,3	1,8	0,1	0,21	1,89
Всего		0,0374				107,7	41,9	1,5	8,0	48,4
Июль 2013 г.										
<i>P. fluviatilis</i>	F-G	0,2893	89,6	10,4	3532	1021,8	106,3	22,3	–	84,00
<i>C. cultriventris</i>	C2-D2	0,0196	15,4	84,6	3532	69,2	58,6	23,4	–	35,10
<i>P. cultratus</i>	C1	0,0105	28,6	71,4	3532	37,1	26,5	10,6	–	15,90
<i>C. albula</i>	F	0,0015	0	100	3532	5,3	5,3	2,1	–	3,20
Всего		0,3210				1133,4	196,6	58,5	–	138,20
Июль 2014 г.										
<i>P. fluviatilis</i>	F	0,0107	74,2	25,8	2573	27,6	7,1	0,4	2,5	9,12
<i>P. cultratus</i>	F	0,0893	56,0	44,0	2573	229,8	101,1	6,4	20,5	115,18
<i>C. cultriventris</i>	F	0,0071	33,3	66,7	2573	18,4	12,3	0,8	1,6	13,12
Всего		0,1071				275,7	120,5	7,6	24,5	137,42

хоруков, 1980; Павлов, Пахоруков, 1983]. Гибель рыб в потоке воды, проходящем через плотину Нижегородской ГЭС, приводит также к снижению уровня пополнения и Чебоксарского водохранилища.

Выводы

1. В результате проведённых комплексных ихтиологических исследований впервые для Средней Волги получены данные о численности, особенностях пространственно-временного распределения и динамике ската и миграции личинок и ранних мальков в верхнем и нижнем бьефах ГЭС в весенне-летний период:

— в видовом составе покатных личинок рыб в верхнем бьефе (Горьковское водохранилище) отмечено 7 видов, в нижнем бьефе (Чебоксарское водохранилище) — 6 видов рыб, преобладал окунь;

— установлена выраженная мозаичность в распределении массовых скоплений личинок и ранней молоди рыб по биотопам верхнего и нижнего бьефа Нижегородской ГЭС, обусловленная преимущественно наличием мест с благоприятными для нереста абиотическими и биотическими условиями;

— определены основные направления ската и миграции личинок, приуроченные в верхнем бьефе к правобережью Горьковского водохранилища и подходному каналу ГЭС, в нижнем бьефе — к старому руслу р. Волги и водоёмам Прорези, где молодь в дальнейшем остаётся и для нагула;

— абсолютная величина численности личинок и молоди по годам значительно варьирует и зависит от условий водности.

2. Вследствие направленности ската и миграции личинок и ранних мальков в верхнем бьефе в сторону подводящего канала Нижегородской ГЭС, значительная часть ранней молоди (от 44,9 до 62,5%) гибнет в результате прохода через гидроагрегаты и при заборе воды на технические нужды ГЭС.

3. Количество погибшей при прохождении гидроагрегатов молоди в абсолютном выражении в 2013 г. составило 2324,2 млн экз., в 2014 г. — 48,4 млн экз. рыб. Анализ полученных данных показал, что у многих видов рыб наблюдаются сходные характеристики травмирования и гибели при прохождении их

через ГЭС в нерестовый период. В частности это касается рыб семейств сельдевых Clupeidae и сиговых Coregonidae.

4. В натуральном выражении прямые потери ВБР на ранних стадиях развития в результате использования воды Нижегородской ГЭС составляют существенную величину — до 12% от общего промыслового запаса на Нижегородском участке Горьковского водохранилища.

5. Исходя из особенностей распределения и динамики ската личинок и ранних мальков рыб в верхнем бьефе ГЭС, необходима разработка комплекса мер для снижения потерь водных биоресурсов в результате их прямой гибели при использовании воды. В составе комплекса могут быть предложены следующие мероприятия:

— устройство рыбозащитного сооружения комбинированного типа с отведением личинок и молоди рыб в сторону аванпорта с последующим их скатом в нижний бьеф через шлюзовые сооружения;

— создание искусственных рифов различной конструкции для формирования скоплений молоди за пределами подходного канала ГЭС, в первую очередь в районе аванпорта верхней ступени шлюзовых камер и устье Вершиловского залива;

— регулирование графика работы ГЭС в весенне-летний период с учётом суточной динамики ската молоди, желательным является сокращение объёма воды, проходящей через гидроагрегаты, в тёмное время суток.

ЛИТЕРАТУРА

- Атлас пресноводных рыб России. 2002. М.: Наука. Т. 1. 379 с. Т. 2. 253 с.
- Жидовинов В.И. 1985. Особенности покатной миграции молоди карповых, окунёвых и сельдевых рыб как основа экологических способов их защиты в дельте р. Волги. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М. 24 с.
- Калайда М.Л., Говоркова Л.К. 2013. Методы рыбохозяйственных исследований: учебное пособие. СПб.: Проспект науки. 288 с.
- Коблицкая А.Ф. 1981. Определитель молоди пресноводных рыб. М.: Лёгкая и пищевая пром-сть. 208 с.
- Кожевников Г.П. 1965. Формирование рыбных запасов Горьковского водохранилища в первые годы его существования // Известия ГосНИОРХ. Т. 59. С. 43–97.

- Костин В.В., Лупандин А.И., Павлов Д.С. 1997. Динамика распределения молоди рыб по экологическим зонам Ивановского водохранилища // Вопросы ихтиологии. Т. 37. № 5. С. 689–695.
- Костюрин Н.Н. 2000. Определение влияния водозаборных сооружений на ихтиофауну дельты Волги и методы оценки ущерба рыбному хозяйству. Дисс. ... канд. биол. наук. Астрахань. 181 с.
- Котляр О.А. 2004. Методы рыбохозяйственных исследований (ихтиофауна). Рыбное. 180 с.
- Минин А.Е., Клевакин А.А., Анучин Ю.В. 2004. Условия нереста рыб и воспроизводство рыбных запасов в Чебоксарском водохранилище // Матер. Межд. конф. «Экологические проблемы литорали равнинных водохранилищ». Казань, 11–15 октября 2004 г. Казань. С. 78–80.
- Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причинённого водным биологическим ресурсам. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 25 ноября 2011 г. № 1166. 2012. // Бюлл. нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. № 27. С. 3–63.
- Об утверждении Правил рыболовства для Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 18 ноября 2014 г. № 453. 2015. // Рос. газ. № 12/1 (специальный выпуск). 23 января.
- Павлов Д.С., Баренян А.Ш., Рипинский И.И. 1982. Экологический способ защиты рыб на повороте струй открытого потока. М.: Наука. 112 с.
- Павлов Д.С., Нездолый В.К., Ходоревская Р.П. 1981. Покатная миграция молоди рыб в реках Волга и Или. М.: Наука. 320 с.
- Павлов Д.С., Лупандин А.И., Костин В.В. 1999. Покатная миграция рыб через плотины ГЭС. М.: Наука. 255 с.
- Павлов Д.С., Пахоруков А.М. 1983. Биологические основы защиты рыб от попадания в водозаборные сооружения. М.: Лёгкая и пищевая пром-сть. 264 с.
- Пахоруков А.М. 1980. Изучение распределения молоди рыб в водохранилищах и озёрах. Методическая разработка. М.: Наука. 64 с.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищ. пром-сть. 367 с.
- Сечин Ю.Т. 1990. Методические указания по оценке численности рыб в пресноводных водоёмах. М.: ВНИИПРХ. 50 с.
- Ярославцев Н.А. 1968. Режим течений Горьковского водохранилища // Первая конференция по изучению водоёмов бассейна Волги. Тезисы докладов. Тольятти. С. 69–70.

Поступила в редакцию 30.03.15 г.
Принята после рецензии 15.06.15 г.

The Distribution of Larvae and Early Juvenile Fish in the Region of the Nizhegorodskaya HPP and the Definition of Direct Loss of Aquatic Bioresources in the Initial Stages of Development in the Use of Water for Hydropower Generation

A.A. Klevakin, V.V. Loginov, A.V. Moiseev

State Science Relation Institute of Lake & River Fishery (FSBSI «GosNIORCh», Nizhny Novgorod)

This article was based on field observations during 2013–2014, carried out in the upper (Gorky reservoir) and lower (Cheboksary reservoir) reaches of Nizhegorodskaya hydroelectric power plant (Nizhny Novgorod region), and directly at the constructions of power station. The obtained data contained the spatial-temporal distribution, dynamics of the downstream migration and traveling, species composition and number of larvae and early juveniles. The quantitative calculation of the direct loss of aquatic biological resources (ABR) at early stages of their maturation during the operation of hydroelectric generating units in the spring and summer was made. The losses of ABR related to regulation of runoff in reservoirs and water level fluctuations in the spawning period didn't evaluated in current issue. The annual direct loss of ABR during the water use for hydropower generation was amounted to 12% of the total commercial fish stock in Gorky reservoir at the Nizhny Novgorod region: 40.626 t in yield to the fishery due to the death of fish larvae; 280.193 t for young fish in yield to the fishery. The features of spatial-temporal distribution, dynamics of the downstream migration and traveling larvae and early juveniles provided an opportunity to offer preventive measures to bring down the direct ABR destruction during hydroelectric generator and technical water supply system exploiting.

Key words: aquatic biological resources, reservoirs, hydrotechnical constructions, fish spawning period.