

УДК 627.8:639.2

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕДА ВОДНЫМ БИОЛОГИЧЕСКИМ РЕСУРСАМ НА ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НИЖЕГОРОДСКОЙ ГЭС

© 2016 г. В.В. Логинов, А.А. Клевакин, А.В. Моисеев

*ФГБНУ «Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства», г. Нижний Новгород, Россия*

**Ключевые слова:** Горьковское водохранилище, Чебоксарское водохранилище, водные биологические ресурсы, Нижегородская ГЭС, водозаборные сооружения, размер вреда водным биоресурсам, система технического водоснабжения ГЭС, гидроэлектростанция, гидротехнические сооружения, создание водных биотопов.



В.В. Логинов



А.А. Клевакин



А.В. Моисеев

Представлены результаты ихтиологических исследований в технической зоне верхнего и нижнего бьефов Горьковского и Чебоксарского водохранилищ, а также непосредственно на сооружениях Нижегородской

ГЭС. Исследования выполнены с использованием современных стандартных ихтиологических методов и подходов.

По данным контрольных учетов личинок и молоди рыб в водоприемных окнах, системах технического водоснабжения и отводящем канале ГЭС установлено суммарное количество особей водных биологических ресурсов, проходящих транзитно через водопроводящие тракты гидроагрегатов при выработке электроэнергии или попадающих в систему водоснабжения при заборе воды на технические нужды. Для оценки степени летальности механического и физического воздействия гидроагрегатов поставлен эксперимент по определению выживаемости молоди после прохождения рабочих камер и водопроводящих трактов. На основе полученных данных определен размер вреда в натуральном выражении, наносимого водным биологическим ресурсам при эксплуатации гидроагрегатов ГЭС и системы технического водоснабжения, а также при проведении работ по модернизации гидроагрегатов.

Приведены различные варианты проведения компенсационных мероприятий по восполнению наносимого вреда. Разработаны предложения по составу и применению комплекса эффективных защитно-превентивных мер по снижению ежегодных потерь водных биоресурсов в результате эксплуатации гидроагрегатов и системы водоснабжения Нижегородской ГЭС.

Вода – важнейший компонент окружающей природной среды, возобновляемый, ограниченный и уязвимый природный ресурс. Использование и охрана водных объектов регулируются Водным кодексом РФ, законом «Об охране окружающей природной среды» и другими законодательными актами и нормами.

Негативное влияние на водные биологические ресурсы (ВБР) оказывает любое антропогенное воздействие, приводящее к нарушению сложившихся в водоеме экологических связей. Оно проявляется как в виде прямого воздействия – гибель рыб на водозаборах, в земснарядах, гидромониторах, поступлении в водные объекты летальных концентраций загрязняющих веществ, при взрывных работах; так и косвенного – утрата нерестовых, нагульных, зимовальных участков, ухудшение условий обитания ВБР, трансформация кормовой базы рыб (потеря продукции фитопланктона, зоопланктона и бентоса).

Уровненный режим водохранилища поддерживается, исходя из интересов энергетики, и во многих случаях неблагоприятен для размножения весенне-нерестующих фитофильных видов рыб. Подсчитано, что снижение уровня воды на 50–75 см приводит к потере 27 % площади мелководий (10–15 тыс. га) и к недополучению 1,5–2,0 тыс. т рыбы в промысловом возврате [1, 2]. Кроме того, суточные и более долговременные колебания уровня воды приводят к обсыханию отложенной рыбами икры, что неоднократно наблюдалось в ходе проведенного исследования в технической зоне Нижегородской ГЭС. Несомненно, значительный вред водным биологическим ресурсам водохранилищ наносится при эксплуатации гидроэлектростанций. Пропуск через турбины ГЭС огромного количества воды из вышерасположенного водоема с перепадом уровней воды в 10–15 м приводит к гибели ВБР.

Вред, наносимый ВБР равнинных водохранилищ плотинами ГЭС, представляет классическое правило интегрального ресурса *rule of integral resource* – конкурирующие в сфере использования конкретных природных систем отрасли хозяйства неминуемо наносят ущерб друг другу тем сильнее, чем значительнее они изменяют совместно эксплуатируемый экологический компонент или всю экосистему в целом [3].

Все вышеперечисленные виды негативного воздействия на водные биологические ресурсы характерны для Нижегородской ГЭС и созданного Горьковского водохранилища, а также для нижнего бьефа ГЭС – Чебоксарского водохранилища. Однако при оценке воздействия на водные биологические ресурсы ГЭС чаще всего рассматривается только гибель рыб при пропуске воды через турбины.

Очевидно, что воздействие на ВБР в период реконструкции/модернизации Нижегородской ГЭС и в период ее эксплуатации будет различно. Так, при реконструкции/модернизации гидроагрегатов на Нижегородской ГЭС основным фактором негативного воздействия является откачка воды из камеры рабочего колеса (КРК), во время которой погибает 100 % находящихся там ВБР. Негативное воздействие на ВБР в период эксплуатации Нижегородской ГЭС происходит в объеме воды, пропускаемой через турбины и водосливные устройства, а также в объеме воды, забираемой системой технического водоснабжения. Воздействие оказывается непрерывно и постоянно в течение неопределенного срока эксплуатации ГЭС, ежегодно наносимый вред является необратимым, т. к. восстановление погибших особей ВБР невозможно. Таким образом, актуальность оценки ущерба водным биологическим ресурсам от эксплуатации гидротехнических сооружений не вызывает сомнения.

Цель работы – определение размера вреда, наносимого водным биоресурсам в результате их прямой гибели в процессе эксплуатации гидроагрегатов и системы технического водоснабжения Нижегородской ГЭС, в том числе оценка объема и состава возможных вариантов компенсации вреда, а также разработка рекомендаций по применению комплекса мероприятий для снижения ежегодных потерь водных биоресурсов.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор ихтиологических материалов (ВБР) проводили по общепринятым стандартным методам [4–9]. Распределение молоди рыб изучали согласно методикам [4, 5, 9], видовой принадлежности определяли по [10, 11].

Молодь рыб в зоне воздействия агрегатов Нижегородской ГЭС отбирали ихтиопланктонной конусной ловушкой ИКС-50 и ИКС-100 из мельничного сита № 13 и хамсароса ячеей 3,6 мм [9, 12] у сопрягающей стенки и разделительного «бычка» ГЭС. В период высокой воды учет личинок выполняли проводкой ловушек моторной лодкой, при низком уровне ловушки закрепляли за оголенные скобы в разделительных стенках плотины с длиной оттяжки до 25 м. Горизонт облова (поверхностный слой и толща воды) регулировали поплавком и грузом [12]. Объем процеженной воды колебался в пределах 30–700 м<sup>3</sup>. Учет рыб в приемных камерах выполняли этими же

орудиями как подъемной сеткой с проводкой до 20 раз (процеженный объем воды 6–22 м<sup>3</sup>). Учет рыб в системе технического водоснабжения (ТВС) Нижегородской ГЭС осуществляли путем процеживания воды через ловушки из мельничного сита и хамсароса в течение 20 мин (7–15 м<sup>3</sup> воды) из гидранта, врезанного в емкости до расположения грубого фильтра предочистки водозаборов.

При просмотре ихтиопланктонных проб под бинокляром отмечались травмированные (погибшие) и неповрежденные особи. Эти данные использованы при определении количества молоди, погибающей после прохождения через агрегаты ГЭС. Кроме того, выполнены экспериментальные работы по определению выживаемости молоди после прохождения через турбины ГЭС. Отловленная живая молодь рыб выдерживалась в емкостях объемом 40 л в течение 24 ч для определения ее выживаемости.

Расчет величины наносимого вреда выполнен по действующей в настоящее время методике [13].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Техническое водоснабжение восьми агрегатов Нижегородской ГЭС, расположенных в четырех секциях, осуществляется по двум системам водозаборов – сифонным и напорным (рис. 1). Основные водозаборы ТВС – сифонные, располагаются в потолке спиральной камеры каждого турбинного агрегата на отметке 71,07 м. В каждой спиральной камере – два водозабора. Водозаборы представляют собой конфузоры с диаметром на входе 500 мм, переходящие в трубы диаметром 325 мм. Вход в конфузор оборудован вертикальными сорозащитными металлическими полосами с зазором 50 мм. Максимальный расход воды через два сифонных водозабора при напоре на ГЭС 16,5 м составляет 0,60 м<sup>3</sup>/с, минимальный – 0,075 м<sup>3</sup>/с.

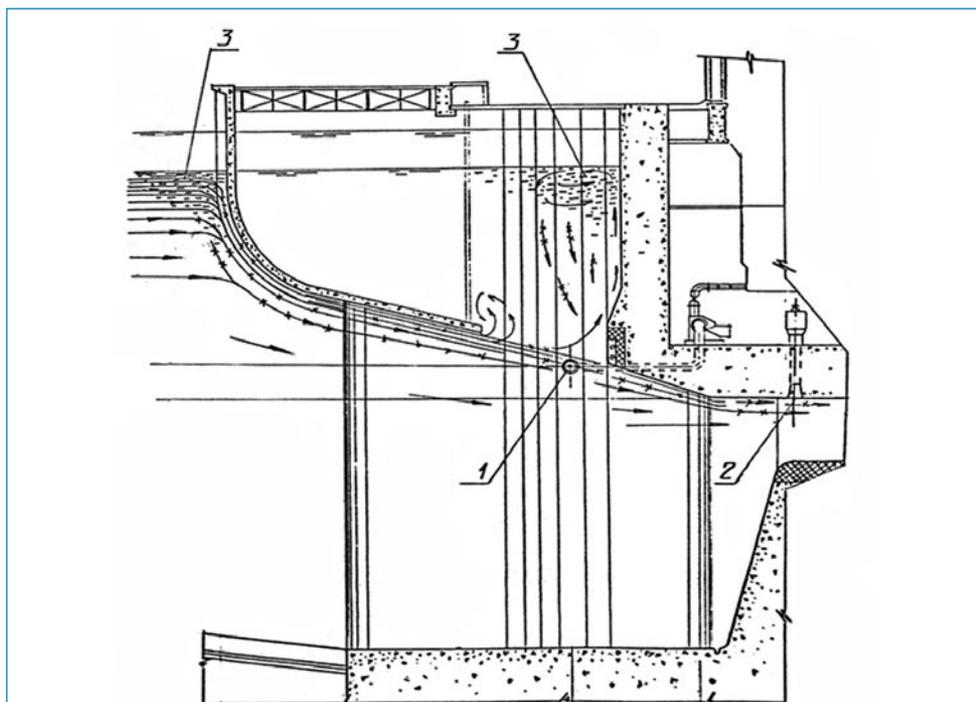
Напорные водозаборы, предназначенные для наполнения спиральной камеры и турбинного тракта после выхода из ремонта, эксплуатируются один раз в 8 лет. Они располагаются в бычках верхнего бьефа между пазами сороудерживающих решеток и ремонтного заграждения. В каждой секции по 2 водозабора. Расход через напорные водоводы определяется производительностью насосов, максимальная производительность которых при одновременной работе 0,65 м<sup>3</sup>/с.

Перед подачей потребителю вода проходит фильтрацию в закрытой емкости с вертикальным коническим сетчатым фильтром. Задерживаемая сеткой рыба и другие гидробионты скапливаются в фильтре, который периодически очищается. В емкости до расположения фильтра врезан гидрант, который использовался для слива и процеживания воды через ловушки из мельничного сита и хамсароса при учете попадающей в водозабор рыбы.

Отбор воды на технические нужды производится постоянно. Расход воды в системе ТВС Нижегородской ГЭС составляет 1,45–1,61 млн м<sup>3</sup> в месяц.

Непосредственно у тела плотины ГЭС перед забральной балкой происходит накопление покатной молоди в дневное время. Для устранения затягивания ее в водозабор устроен верхний L-образный козырек, предотвращающий опускание молоди в зону влияния водозабора. В систему ТВС попадают только личинки и ранние мальки на стадиях развития C1, C2, D1, D2, G по А.Ф. Коблицкой [10]. Во временном аспекте присутствие молоди рыб в воде ограничено маем–августом, в другое время года рыб в системе ТВС не обнаружено.

Общее количество ежегодно попадающей в систему ТВС молоди с учетом объемов забираемой воды составило 10,57 млн экз. (табл. 1). Отмечена гибель 7 видов рыб. В видовом составе доминируют окунь (35,5 %) и тюлька (34,1 %), их существенно дополняют чехонь (11,5 %) и ряпушка (9,5 %). Сезонный пик встречаемости рыб в системе ТВС приходится на июль – 44,2 % от общего количества рыб.



**Рис. 1.** Схема попадания молоди рыбы в водозаборы технического водоснабжения: 1 – напорные водозаборы; 2 – сифонные водозаборы; 3 – места скопления рыбы в дневное время.

**Таблица 1.** Видовой состав и численность молоди, гибнущей в системе технического водоснабжения Нижегородской ГЭС, млн экз.

Виды	Месяц года												Всего	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	млн экз.	%
Лещ	–	–	–	–	0,12	–	–	–	–	–	–	–	0,12	1,2
Налим	–	–	–	–	0,62	–	–	–	–	–	–	–	0,62	5,8
Окунь	–	–	–	–	1,72	1,22	0,81	–	–	–	–	–	3,75	35,5
Уклейка	–	–	–	–	0,25	–	–	–	–	–	–	–	0,25	2,3
Ряпушка	–	–	–	–	–	0,81	–	0,19	–	–	–	–	1,00	9,5
Тюлька	–	–	–	–	–	–	2,64	0,97	–	–	–	–	3,61	34,1
Чехонь	–	–	–	–	–	–	1,22	–	–	–	–	–	1,22	11,5
<b>Всего:</b>														
<b>млн экз.</b>	–	–	–	–	<b>2,71</b>	<b>2,03</b>	<b>4,67</b>	<b>1,16</b>	–	–	–	–	<b>10,57</b>	<b>100,0</b>
<b>%</b>					<b>25,6</b>	<b>19,2</b>	<b>44,2</b>	<b>11,0</b>						

Попадание водных биоресурсов в водоводы, рабочие камеры и отводящие каналы гидроагрегатов происходит двумя путями. За счет конструктивных особенностей водоприемных сооружений ГЭС при поступлении воды из Горьковского водохранилища к спиральным камерам гидроагрегатов в водоприемных окнах формируются столб воды высотой до 4 м с устойчивым круговым движением. Вследствие этого образуются динамичные скопления отдельных видов рыб перед забральной стенкой. Скорость течения воды позволяет рыбам свободно перемещаться в горизонтальном или вертикальном направлении, в том числе мигрировать из этой зоны и возвращаться обратно, однако часть особей попадает в водопроводящий тракт и проходит через гидроагрегаты ГЭС в нижний бьеф. В связи с гидрологическими особенностями верхнего бьефа плотины и ветровым нагоном воды перед забральной стенкой также концентрируются более крупные экземпляры карповых видов рыб (преимущественно леща) старше 1 года, зараженные плероцеркоидами ремнецов *Ligula intestinalis*.

По результатам исследований, доля погибших после прохождения водопроводящих трактов особей для окуневых видов (окунь, судак), обладающих жестким чешуйным покровом, составляет 10,4 %; карповых (плотва, уклейка) – 71,4 %; сельдевых и сиговых рыб (тюлька, ряпушка), имеющих легко спадающую чешую – 84,6 %.

По расчетным данным общее годовое количество гибнущих в результате поступления из приемных камер в водоводы рыб составляет 1,802 млн экз. (табл. 2). Всего отмечено 6 видов рыб в возрасте от сеголетка до трехлетка (без учета зараженных лигулезом). В общем объеме погибшей рыбы доля тюльки составляет 95,6 % (возраст 0+ – 1+), ряпушки 2,9 % (возраст 1+). Доля судака, окуня, плотвы и уклейки незначительна и составляет в общем объеме погибшей рыбы 1,5 % (27,96 тыс. экз.).

**Таблица 2.** Видовой состав и численность рыб, поступающих в водопроводящие сооружения гидроагрегатов из приемных камер в водоводы ГЭС

Виды	Месяц года												Всего	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	тыс. экз.	%
<b>Рыбы, зараженные лигулезом</b>														
Лещ	0,17	0,12	0,14	0,11	0,10	0,19	0,18	0,20	0,22	0,20	0,24	0,17	2,05	–
Язь	–	–	–	–	–	0,01	–	–	–	–	–	–	0,01	–
Плотва	–	–	–	–	0,01	–	–	–	–	–	–	–	0,01	–
<b>Рыбы, проходящие в водоводы агрегатов ГЭС</b>														
Судак	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	7,9	–	7,9	0,4
Окунь	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,2	–	–	4,2	0,2
Плотва	–	–	–	–	–	–	35,4	–	–	–	–	–	35,4	1,6
Тюлька	–	–	–	40,3	1001	20,7	487	–	–	189	280	18,3	2036,1	94,7
Ряпушка	–	–	–	–	9,6	–	–	–	–	25,1	22,3	4,6	61,6	2,9
Уклейка	–	–	–	–	1,9	–	–	–	–	–	2	–	3,9	0,2
<b>Всего</b>	–	–	–	<b>40,3</b>	<b>1012</b>	<b>20,7</b>	<b>522,8</b>	–	–	<b>217,8</b>	<b>312,3</b>	<b>22,9</b>	<b>2149,1</b>	<b>100</b>
<b>%</b>	–	–	–	<b>1,9</b>	<b>47,1</b>	<b>1,0</b>	<b>24,3</b>	–	–	<b>10,1</b>	<b>14,5</b>	<b>1,1</b>	<b>100</b>	
<b>Рыбы, погибающие при прохождении водоводов агрегатов ГЭС</b>														
Судак	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,8	–	0,82	0,05
Окунь	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,4	–	–	0,44	0,02
Плотва	–	–	–	–	–	–	25,3	–	–	–	–	–	25,3	1,4
Тюлька	–	–	–	34,09	846,7	17,51	412	–	–	159	237	15,5	1722,5	95,6
Ряпушка	–	–	–	–	8,1	–	–	–	–	21,2	18,9	3,9	52,1	2,9
Уклейка	–	–	–	–	1,4	–	–	–	–	–	–	–	1,4	0,08
<b>Всего</b>	–	–	–	<b>34,1</b>	<b>856</b>	<b>17,5</b>	<b>437,6</b>	–	–	<b>181,1</b>	<b>256,7</b>	<b>19,4</b>	<b>1802,5</b>	<b>100</b>
<b>%</b>	–	–	–	<b>1,9</b>	<b>47,5</b>	<b>1,0</b>	<b>24,3</b>	–	–	<b>10,0</b>	<b>14,2</b>	<b>1,1</b>	<b>100</b>	

Второй механизм попадания рыб в гидроагрегаты – транзитное поступление с током воды напрямую в рабочий водовод, без промежуточной задержки в водоприемных камерах. Так в турбины ГЭС поступают, прежде всего, пассивно скатывающиеся личинки и ранние мальки рыб, а также подросшая молодь (сеголетки).

Видовой состав личинок рыб, проходящих через агрегаты ГЭС транзитом, насчитывает 7 видов. Общее количество погибших личинок рыб и ранних мальков (июнь-июль) составило 1324,12 млн экз. Преобладала молодь трех видов: окунь – 60,5 %, чехонь – 13,5 % и судак – 12,2 % (табл. 3). Количество погибших личинок других видов незначительно. Видовой состав проходящих через агрегаты ГЭС сеголетков насчитывает 4 вида: окунь – 56,7 %, тюлька – 25,1 %, чехонь – 12,1 %, ряпушка – 6,1 %. В августе–октябре погибали особи рыб на стадии сеголеток навеской 3–5 г. Общее количество погибших сеголетков 271,81 млн экз.

**Таблица 3.** Видовой состав и численность гибнущей молоди рыб при транзитном прохождении через агрегаты Нижегородской ГЭС, млн экз.

Виды	Месяц года					Всего	
	VI	VII	VIII	IX	X	млн экз.	%
личинки – ранние мальки							
Лещ	57,27					57,27	4,3
Окунь	754,31	46,56				800,87	60,5
Судак	162,11					162,11	12,2
Густера	1,42					1,42	0,1
Чехонь	113,4	65,54				178,94	13,5
Тюлька	56,7	24,11				80,81	6,1
Ряпушка	41,1	1,6				42,7	3,2
<b>Всего</b>	<b>1186,31</b>	<b>137,81</b>				<b>1324,12</b>	<b>100</b>
сеголетки (0+)							
Окунь			79,27	74,94		154,21	56,7
Чехонь			15	14,18	3,66	32,85	12,1
Тюлька			33,12	31,31	3,66	68,09	25,1
Ряпушка			3,02	2,85	10,79	16,66	6,1
<b>Всего</b>			<b>130,41</b>	<b>123,29</b>	<b>18,1</b>	<b>271,81</b>	<b>100</b>

Суммарная величина ежегодных потерь ВБР в процессе выработки электроэнергии на Нижегородской ГЭС определена по расчетным формулам Методики [12], она составила 321,221 т в натуральном выражении. Всего на сооружениях ГЭС отмечена гибель 10 видов рыб, преобладают окунь (55,3 %) и чехонь (25,7 %), существенна доля ряпушки и плотвы (3,7–7,0 %). В возрастном составе погибших особей преобладает молодь на стадии сеголетка (87,2 %) и личинки (12,6 %).

Негативное воздействие на водные биоресурсы оказывается также при периодически проводимых на ГЭС работах по реконструкции и плановому ремонту оборудования. При модернизации гидроагрегатов Нижегородской ГЭС выполняется откачка воды из камеры рабочего колеса, в результате чего гибнет 100 % водных биологических ресурсов. Объем воды, откаченной из каждого гидроагрегата в нижний бьеф, составляет 3150 м<sup>3</sup>. При остановке гидроагрегатов не осуществляется водообмен в приемных камерах ГЭС (по две на каждый гидроагрегат), что приводит к гибели находящихся там рыб, а в поверхностном слое скапливаются пораженные лигулезом рыбы, которые в последующем погибают, поэтому в расчетах погибшей рыбы они не учитывались.

При модернизации восьми гидроагрегатов Нижегородской ГЭС потери водных биоресурсов в результате гибели рыб разных возрастов составляют 0,175 т. Величина вреда в натуральном выражении определяется преимущественно полной гибелью сеголетков (88,6 % от общего количества погибшей рыбы). Максимальная составляющая усредненной величины потерь по видам рыб отмечена для окуня.

Согласно п. 53 Методики [13], результат исчисления размера вреда водным биоресурсам не может превышать величину запасов водных биоресурсов, обитающих в водном объекте рыбохозяйственного значения. Промысловые запасы рыб на Нижегородском участке Горьковского водохранилища в 2013 г. составили 2861 т [14], проведенный расчет не противоречит Методике [12].

Следует отметить, что вред наносится рыбным запасам не только Горьковского водохранилища. Скат личинок и мальков – естественный процесс жизнедеятельности рыб [9]. Гибель рыб в потоке воды, проходящем через гидроагрегаты плотины Горьковской ГЭС, приводит к снижению уровня пополнения рыбного населения Чебоксарского водохранилища.

Методикой [13] предусматривается несколько способов проведения восстановительных мероприятий: искусственное воспроизводство ВБР, акклиматизация, рыбохозяйственная мелиорация водных объектов. В 2015 г. наиболее разработанной и детализированной была нормативно-правовая база, регулирующая искусственное воспроизводство водных биоресурсов.

Поэтому на практике в качестве компенсационных мероприятий преобладает выпуск в водный объект рыбохозяйственного значения ВБР в количестве, эквивалентном величине потерь с учетом коэффициента промыслового возврата.

Для возмещения вреда, наносимого при модернизации гидроагрегатов Нижегородской ГЭС, требуется разовый выпуск жизнестойкой молодежи стерляди навеской 1–3 г в количестве 3176 экз. Для возмещения вреда, наносимого при эксплуатации гидроагрегатов и системы ТВС Нижегородской ГЭС, потребуется ежегодный выпуск 584 039 экз. жизнестойкой молодежи стерляди навеской 1–3 г и 12 147 020 экз. сеголетков сазана навеской 15–20 г.

Существующих производственных мощностей по искусственному воспроизводству рыб в Верхне-Волжском рыбохозяйственном бассейне недостаточно для ежегодного зарыбления водохранилища таким объемом молодежи. Учитывая величину ежегодного расчисленного размера вреда водным биоресурсам 321,211 т, необходимо расширение или модернизация производственных мощностей, что затруднено не только по экономическим причинам, но и вследствие ряда организационно-правовых проблем (подведомственность предприятий, форма собственности и др.). Следует также учитывать, что при выпуске этой молодежи в Горьковское водохранилище существует вероятность ее попадания в гидроагрегаты ГЭС с последующей гибелью. Допускать в течение всего периода эксплуатации Нижегородской ГЭС гибель 321,221 т водных биоресурсов с тем, чтобы ежегодно восполнять эти потери эквивалентным в промысловом возврате количеством молодежи неэффективно.

На основании рекомендаций СП 101.13330.2012 [15] в качестве рыбозащитного сооружения для гидроагрегатов Нижегородской ГЭС со средним расходом 4000 м<sup>3</sup>/с могут быть использованы сетчатые экраны или рыбозащитный концентратор с вертикальной сепарацией рыб. Однако данная мера целесообразна и эффективна на промышленных и водохозяйственных водозаборах сравнительно небольшой производительности, особенно если имеется возможность отведения рыб вниз по течению водоисточника, что гарантирует невозможность возвращения покатников в опасную водозаборную зону. В условиях крупной ГЭС, являющейся водоемообразующим объектом, на который замыкается сток всего многоводного водоисточника, решение проблемы защиты рыб традиционными средствами технически и экономически трудновыполнимо. Предлагается реализовать комплекс превентивных и защитных мер по сохранению водных биологических ресурсов и предупреждению их гибели.

Целью превентивных мер является предупреждение миграций водных биоресурсов в опасную зону, что достигается с помощью эколандшафтной коррекции путем искусственного развития проточных элементов донного

рельефа в водную толщу и создания обстановки, отличающейся от монотонной ситуации в водоеме разнообразием ориентиров различной природы (установка искусственных донных и пелагических рифов). В соответствии с приказом Минсельхоза России [16] создание искусственных рифов, донных ландшафтов является одним из направлений рыбохозяйственной мелиорации водных объектов и может рассматриваться как наиболее предпочтительный вариант проведения мероприятий по компенсации вреда, наносимого водным биоресурсам.

Целью защитных мер является реоградиентная коррекция естественной водной среды обитания рыб и других водных биологических ресурсов с помощью водных струй, перенаправляющих рыбообитаемый слой стокового течения с опасного направления на безопасные места обитания рыб, расположенные в прибрежной части водохранилища [17]. Схема размещения в верхнем бьефе Нижегородской ГЭС сооружений, предлагаемых в качестве превентивных и защитных мер для снижения наносимого водным биоресурсам вреда, представлена на рис. 2 (указаны также точки отбора проб и выполнения контрольных обловов для мониторинга эффективности предлагаемого комплекса сооружений).

Комплекс предлагаемых рыбоохранных мероприятий выполняется на основании патентов на изобретения [18–21] и др. Более подробно вопрос осуществления рыбоохранных мероприятий на различных ГЭС равнинных водохранилищ освещен в работе А.В. Иванова [17].

При определении мест размещения искусственных рифов необходимо учитывать, что на протяжении более 25 км от створа ГЭС берега водохранилища сильно изрезаны. Поэтому для создания единого рифового комплекса, эколандшафтной коррекции подходят такие участки акватории Горьковского водохранилища, как устья (экотоны) правобережных рек Троица, Юг и Вершиловский залив. Для концентрации молоди рыб, отводимой из зоны воздействия агрегатов ГЭС, предлагается также сооружение рифов в левобережье в районе аванпорта. При необходимости часть рыбы из скоплений в левобережье может скатываться в Чебоксарское водохранилище по шлюзовому каналу.

Таким образом, для снижения размера ежегодно наносимого водным биоресурсам вреда в акватории верхнего бьефа Нижегородской ГЭС на наиболее привлекательных для водных обитателей участках необходимо создать сеть высокопродуктивных локальных биотопов – мест оптимального обитания рыб (МООР), обустроенных донными и пелагическими искусственными рифами. Непосредственно ГЭС оборудовать водоструйным рыбозащитным устройством, система рыбоотведения которого направлена в удаленное от водозаборной зоны приплотинное МООР [17].



Предварительно эффективность предлагаемых рыбоохранных мероприятий по снижению наносимого ВБР вреда можно оценить на уровне 91 %, в том числе 70 % за счет защитных мер [14] и 21 % за счет превентивной эколандшафтной коррекции.

### ВЫВОДЫ

В результате проведенных натурных работ определено количество ежегодно гибнущих личинок, ранней молоди, сеголетков и двух-трехлетних рыб при попадании в систему технического водоснабжения и прохождения водопроводящих трактов Нижегородской ГЭС, а также при производстве работ по модернизации гидроагрегатов. В системе технического водоснабжения гибнут исключительно личинки и ранние мальки в период их массового присутствия в водном объекте (май–июль), количество погибших особей с учетом объемов забираемой воды составляет 10,57 млн экз.

В водопроводящие тракты гидроагрегатов ГЭС попадают как транзитные особи ВБР, так и экземпляры из водоприемных камер, где вследствие особенностей конструкции и специфических гидродинамических условий формируются временные скопления рыб.

При прохождении плотины ГЭС ежегодно погибает 1,802 млн экз. рыб в возрасте от сеголетка до трехлетка, попадающих в рабочие полости гидроагрегатов из промежуточных скоплений в водоприемных камерах, а также 1324,12 млн экз. личинок и 271,81 млн экз. сеголетков, попадающих в водопроводящие тракты ГЭС непосредственно из Горьковского водохранилища. Величина вреда, ежегодно наносимого ВБР в результате их гибели в водопроводящих сооружениях Нижегородской ГЭС, в натуральном выражении составила 321,221 т. Дополнительно при проведении плановой модернизации гидроагрегатов ГЭС водным биоресурсам одновременно наносится вред в размере 0,175 т.

Для компенсации вреда путем искусственного воспроизводства необходимо ежегодно выпускать в водохранилище 584 039 экз. жизнестойкой молоди стерляди и 12 147 020 экз. сеголетков сазана, что превышает существующие производственные мощности региона. Исходя из особенностей негативного воздействия объекта гидроэнергетики на водные биоресурсы, искусственное воспроизводство как вариант осуществления компенсационных мероприятий является нецелесообразным как с экономической, так и с экологической точек зрения.

Для снижения негативного воздействия Нижегородской ГЭС на водные биоресурсы предлагается комплекс мероприятий, включающий:

- установку перед водоприемными сооружениями Нижегородской ГЭС защитного водоструйного устройства с системой рыбоотведения, перенаправляющей ВБР к местам безопасного обитания;
- создание комплекса высокопродуктивных локальных биотопов, обустроенных донными и пелагическими искусственными рифами, для превентивной концентрации водных биоресурсов на удалении от водоприемных сооружений ГЭС.

По предварительной оценке, комплекс предлагаемых мероприятий обеспечит снижение потерь ВБР на 91%.

В соответствии с современной нормативно-правой базой, приказом Минсельхоза России от 26 декабря 2014 г. № 530 «Об утверждении Порядка проведения рыбохозяйственной мелиорации водных объектов», ландшафтная коррекция и организация мест оптимального обитания рыб могут рассматриваться как оптимальный вариант проведения мероприятий по компенсации наносимого водным биологическим ресурсам вреда.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клевакин А.А., Блинов Ю.В., Минин А.Е., Пестова Ф.С., Постнов Д.И. Рыболовство в Нижегородской области. Нижний Новгород, 2005. 96 с.
2. Минин А.Е., Клевакин А.А., Анучин Ю.В. Условия нереста рыб и воспроизводство рыбных запасов в Чебоксарском водохранилище // Мат-лы междунар. конф. «Экологические проблемы литорали равнинных водохранилищ». Казань. 2004. С. 78–80.
3. Экологическая энциклопедия / под ред. В.И. Данилова-Данильяна. Т. 5. М.: Энциклопедия, 2011. 448 с.
4. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищевая промышленность, 1966. 367 с.
5. Пахоруков А.М. Изучение распределения молоди рыб в водохранилищах и озерах: Метод. разработка. М.: Наука, 1980. 64 с.
6. Сечин Ю.Т. Методические указания по оценке численности рыб в пресноводных водоемах. М.: ВНИИПРХ, 1990. 50 с.
7. Котляр О.А. Методы рыбохозяйственных исследований (ихтиофауна). Рыбное. 2004. 180 с.
8. Калайда М.А., Говоркова Л.К. Методы рыбохозяйственных исследований: учеб. пособие. СПб.: Проспект науки, 2013. 288 с.
9. Павлов Д.С., Пахоруков А.М. Биологические основы защиты рыб от попадания в водозаборные сооружения. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 264 с.
10. Коблицкая А.Ф. Определитель молоди пресноводных рыб. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 208 с.
11. Макеев А.П., Павлов Д.С., Павлов Д.А. Атлас молоди пресноводных рыб России. М.: КМК, 2011. 383 с.
12. Павлов Д.С., Лупандин А.И., Костин В.В. Покатная миграция молоди рыб через плотины ГЭС. М.: Наука, 1999. 255 с.
13. Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам: пр. Федерального агентства по рыболовству № 1166 // Бюл. норм. актов федеральных органов исполнит. власти. 2012. № 27. С. 3–71.
14. Рыбоводно-биологическое обоснование для комплексного проекта реконструкции Нижегородской ГЭС. Т. 5, 6 // Отчет по НИР / ФГБНУ ГосНИОРХ, рук. А.А. Клевакин. Нижний Новгород, 2014. 148 с.
15. СП 101.13330.2012 «Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.07-87». М.: Минрегион России. 68 с.
16. Об утверждении Порядка проведения рыбохозяйственной мелиорации водных объектов: приказ Минсельхоза России от 26 декабря 2014 г. № 530 // Бюл. норм. актов федеральных органов исполнительной власти. 2015. № 40. С. 69–81.
17. Иванов А.В. Обеспечение безопасности рыб на водозаборах: автореф. дисс. ...д-ра техн. наук. М., 2007. 219 с.

18. Патент 2288993 РФ. Способ защиты рыб на водозаборах: № 2005117172/03; заявл. 06.06.2005; опубл. 10.12.2006. Бюл. № 34. 7 с.
19. Патент 2305728 РФ. Способ отведения рыб от источника опасности: № 2006105336; заявл. 21.02.2006; опубл. 10.09.2007. Бюл. № 25. 4 с.
20. Патент 2354776 РФ. Способ отвода рыб от водозаборных сооружений: № 2007130506/03; заявл. 09.08.2007; опубл. 10.05.2009. Бюл. № 13. 5 с.
21. Патент 2386746 РФ. Рыбозащитный струегенератор: № 2008115745/03; заявл. 24.04.2008; опубл. 27.10.2009. Бюл. № 11. 6 с.

**Сведения об авторах:**

Логинов Владимир Владимирович, канд. биол. наук, старший научный сотрудник, Нижегородская лаборатория, ФГБНУ «Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства (ГосНИОРХ), 603116, г. Нижний Новгород, Московское шоссе, 31; e-mail: gosniorh@list.ru

Клевакин Алексей Анатольевич, старший научный сотрудник, Нижегородская лаборатория, ФГБНУ «Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства (ГосНИОРХ), 603116, г. Нижний Новгород, Московское шоссе, 31; e-mail: gosniorh@list.ru

Моисеев Алексей Владимирович, научный сотрудник, Нижегородская лаборатория, ФГБНУ «Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства (ГосНИОРХ), 603116, г. Нижний Новгород, Московское шоссе, 31; e-mail: gosniorh@list.ru