

УДК 626.88

DOI: 10.52531/1682-1696-2026-26-3-98-106

Научная статья

О НАИБОЛЕЕ ДОСТУПНОЙ ПРИРОДОПОДОБНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СОХРАНЕНИЯ, РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ И УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПУТЕМ УНИФИКАЦИИ РИФОЗДАНИЯ

А.В. Иванов, П.В. Ратников

АО «Институт Гидропроект» (Москва, Россия)

Рассмотрены проблемы и перспективы оптимизации мер по сохранению водных биоресурсов при эксплуатации особо крупных водозаборов и ГЭС. Показано, что пути оптимизации мер следует искать в использовании возможностей рыбохозяйственной рифовой мелиорации, позволяющей обеспечить защиту рыб и рациональное использование кормовых ресурсов путем эколандшафтной коррекции естественной среды их обитания с помощью рукотворных рифовых структур, создаваемых из унифицированных деталей: колец стеновых и балок Г-образного профиля.

Ключевые слова: *сохранение рыб и иных водных биоресурсов, защита рыб, рыбохозяйственная мелиорация, эколандшафтная коррекция подводного ландшафта, рукотворный рифовый модуль, унифицированная деталь*

АНАЛИЗ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЙ БАЗЫ

Развитие современной цивилизации немислимо без увеличения водопотребления для нужд энергетики, промышленности, сельского и коммунального хозяйств. Однако вместе с водой в водозаборы попадают и гибнут рыба и иные водные биоресурсы (ВБР). Рыбному хозяйству причиняется серьезный вред, который

А.В. ИВАНОВ, П.В. РАТНИКОВ
О НАИБОЛЕЕ ДОСТУПНОЙ ПРИРОДОПОДОБНОЙ
ТЕХНОЛОГИИ СОХРАНЕНИЯ, РАЦИОНАЛЬНОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ И
УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПУТЕМ УНИФИКАЦИИ
РИФОЗДАНИЯ

EDN: SDQTFR

Original article

ABOUT THE MOST ACCESSIBLE NATURE-LIKE TECHNOLOGY CONSERVATION AND RATIONAL USE OF WATER RESOURCES BIORESOURCES AND IMPROVEMENT OF THE ECOLOGICAL CONDITION OF WATER BODIES THROUGH THE UNIFICATION OF REEF CREATION

A.V. Ivanov, P.V. Ratnikov

JSC «INSTITUTE HYDROPROJECT» (Moscow, Russia)

The problems and prospects for optimizing measures to preserve aquatic biological resources during the operation of particularly large water intake structures and hydroelectric power plants are considered. It is shown that the ways to optimize measures should be sought in leveraging the potential of fishery reef reclamation, which makes it possible to ensure the protection of fish and the rational use of feeding resources through ecological landscape correction of their natural habitat using man made reef structures created from standardized components: wall rings and L shaped beams.

KEY WORDS: *conservation of fish and other aquatic biological resources, fish protection; fishery reclamation, eco landscape correction of the underwater landscape, man made reef module, standardized component*

согласно российскому законодательству необходимо предотвращать. Существуют два основных подхода к охране ВБР на водозаборах. Так, водопользователи обязаны принимать меры согласно:

– Водному кодексу РФ от 03.06.2006 № 74-ФЗ – по предотвращению попадания рыб и иных ВБР в водозаборы [1];

– Федеральному закону от 20.12.2004 № 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» – по сохранению ВБР и среды их обитания [17].

Казалось бы, оба документа об одном и том же – однако это не так.

Водный кодекс РФ обязывает предотвращать гибель ВБР в водозаборах. Федеральный закон «О рыболовстве ...» [17] обязывает сохранить ВБР в прежнем состоянии, то есть, если не удастся уберечь их от гибели, то восстановить «посредством искусственного воспроизводства» [9], предварительно получив от водопользователя компенсацию за гибель ВБР на водозаборах.

Отсюда следует, что Федеральный закон «О рыболовстве ...» [17] допускает гибель ВБР на водозаборах с тем, чтобы компенсировать ее выпуском искусственно выращенной молоди ценных видов рыб, которая также погибнет в тех же водозаборах, не оборудованных рыбозащитой [6].

Однако Конституция РФ обязывает «сохранять природу, бережно относиться к ее богатствам» [5], то есть на водозаборах рыбу необходимо беречь от гибели, а не делать ставку на ее искусственное восстановление.

Поэтому в Постановлении Правительства РФ от 29.05.2025 № 785 «Об утверждении положения о мерах по сохранению водных биологических ресурсов и среды их обитания» гибель ВБР на водозаборах и проведение восстановительных мероприятий допускаются только «в случае невозможности предотвращения негативного воздействия» [5]. В то же время при оборудовании водозабора эффективной рыбозащитой шансы на «проведение мероприятий по устранению последствий негативного воздействия на состояние биоресурсов и среды их обитания посредством искусственного воспроизводства» [5] сводятся к минимуму. Однако такая перспектива устраивает далеко не всех. Поэтому, чтобы исключить возможность отказа от проведения компенсационного искусственного воспроизводства ВБР, необходимо скомпрометировать рыбозащиту, создать миф о невозможности ее существования на крупных водозаборах и ГЭС – источниках взимания максимальных компенсаций.

Очевидно, что основным инструментом, с помощью которого этот миф можно создать, является «рыбозащитный» Свод правил СП 101.13330.2023 «Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения» [14].

Каким же образом с помощью СП [14] можно скомпрометировать рыбозащиту, доказать, что создать ее на крупных водозаборах и, главное, на ГЭС, якобы невозможно?

АНАЛИЗ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ

Если проанализировать структуру СП [14], можно отметить, что он состоит из двух основных компонентов:

– объективно необходимые, обязательные к выполнению требования, предъявляемые к защите рыб,

которая предназначена для предотвращения попадания рыб в водозабор и отведения в жизнеспособном состоянии в безопасное место рыбохозяйственного водного объекта;

– субъективно рекомендуемые конструкции рыбозаградителей, главным образом, сетчатых или электрических, то есть, по сути, браконьерских сетей и электроудочек, допускающих травмирующий молодой контакт с защитным экраном или полем, приводящий к потере рыбами жизнеспособности. Кроме того, в конструкции нормативных рыбозаградителей на водохранилище отсутствует безопасное место, в которое необходимо отводить защищенных рыб, и которое обязано обеспечивать их безопасность, в частности, укрывать от хищников и предотвращать повторное возвращение к водозабору.

Анализ СП [14] показывает, что субъективные рекомендации практически полностью противоречат объективно необходимым, обязательным к выполнению требованиям, то есть не обеспечиваются:

– жизнеспособность травмированных рыб;

– защита от хищников;

– предупреждение повторного возвращения к водозабору.

Поэтому рыба даже при наличии рыбозаградителя, циркулируя перед водозабором и регулярно травмируясь и слабея, становится более доступной для хищников и водозабора. Тем самым защита рыб не обеспечивается, а для защиты планктона рыбозаградители вообще не предназначены. Поэтому водопользователя понуждают платить ежегодную компенсацию за гибель рыб и иных ВБР, не защищенных заведомо ущербными рыбозаградителями.

Что касается крупных ГЭС, то СП не требует от водопользователя-гидроэнергетика достижения на них нормативной эффективности 70% [14]. Компенсационные выплаты определяются по факту реальной гибели на ГЭС рыб и планктона. Причем очевидно, что чем рыбозащита хуже, тем больше вред ГЭС причиняет ВБР, тем больше размер компенсаций.

Повышению вреда, причиняемого ВБР, а вместе с ним и размера компенсаций, способствует также избитое в СП [14] энергозатратных рыбозаградителей, которые для экономии электроэнергии на период между их проверками можно просто отключить. Очевидно, что после этого рыбозаградители перестают выполнять свою основную рыбозащитную функцию, и водозабор причиняет состоянию ВБР максимально возможный вред.

Для того, чтобы исправить негативную ситуацию необходимо субъективные рекомендации рыбозаградителей [14] привести в соответствие с объективными требованиями к нормативной защите рыб [14]. Однако в настоящее время поступают иначе – при разработке и согласовании проектов рыбозаградителей ориентируются на перечень субъективных рекомен-

даций, а их несоответствие объективным требованиям оставляют без внимания.

Для приведения рыбозащиты в приемлемое для водопользователя-гидроэнергетика состояние в его интересах приоритетным должно быть не столько оборудование ГЭС рыбозаградителем, рекомендуемым СП [14], сколько проведение мер, действительно предотвращающих подход и попадание ВБР в ГЭС.

При расчете размера вреда и компенсаций чрезвычайно важным представляется также учет рыб, которые, подходя к ГЭС уже находятся в нежизнеспособном состоянии. Дело в том, что больные, голодные и ослабленные, то есть уже нежизнеспособные, но еще живые особи, беспомощно скатывающиеся в водозаборном течении, не реагируют ни на какие отпугивающие их сигналы рыбозаградителя, попадают в ГЭС и фиксируются как вполне живые, то есть жизнеспособные особи, за «гибель» которых водопользователю-гидроэнергетику предлагается платить компенсацию. Однако следует учитывать, что согласно Приказу Министерства сельского хозяйства РФ от 31 марта 2020 г. № 167 "Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам" [10] численность особей, потерявших жизнеспособность по естественным причинам, превышает численность жизнеспособных особей, доживших до промыслового возраста, на 2–4 порядка (рис. 1). И именно эти не только погибшие, но еще живые, но уже нежизнеспособные особи составляют основу ихтиопланктона, пассивно скатывающегося и «гбнувшего» в ГЭС. Отсюда следует, что водопользователя-гидроэнергетика понуждают возмещать вред от гибели нежизнеспособных особей, на 2–4 порядка превышающий действительный вред, который ГЭС потенциально может причинить ВБР [4].

Однако действительный вред, который ГЭС причиняет ВБР, может быть еще меньше. Дело в том, что в водохранилище обитают, преимущественно, жилые виды рыб, для которых эмиграция из полноводного «рукотворного моря» не только жизненно необходима, но и смертельно опасна. Поэтому жизнеспособные особи жилых рыб, в отличие от рыб проходных, скатываются с нерестилищ не в море, а только

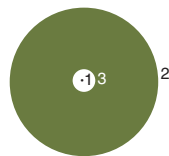


РИС. 1.

Количество рыб, которые должны погибнуть по естественным причинам, чтобы одна жизнеспособная личинка достигла промыслового размера: 1 – 0,01% – жизнеспособная личинка, которая доживет до промыслового размера; 2 – 99,00% – личинки, которые не доживут до навески 1 г – ихтиопланктон; 3 – 0,99% – молодь весом более 1 г, которая не доживет до промыслового размера

А.В. ИВАНОВ, П.В. РАТНИКОВ
О НАИБОЛЕЕ ДОСТУПНОЙ ПРИРОДОПОДОБНОЙ
ТЕХНОЛОГИИ СОХРАНЕНИЯ, РАЦИОНАЛЬНОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ И
УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПУТЕМ УНИФИКАЦИИ
РИФОЗДАНИЯ

до ближайшего кормного места в водохранилище, где можно комфортно, безопасно обитать и интенсивно нагуливаться. Причем очевидно, что чем больше в водохранилище таких мест и чем больше их приемная емкость, тем меньше конкуренция за право обитания в них, тем меньшая численность неконкурентных особей вытесняется более сильными собратьями в малокормные открытые воды и, составляя основу уже нежизнеспособного ихтиопланктона, пассивно скатывается в стоковом течении к ГЭС, – тем меньший размер «вреда» водопользователь-гидроэнергетик должен компенсировать.

Поскольку вред, причиняемый ВБР, напрямую зависит от численности неконкурентного нежизнеспособного ихтиопланктона, скатывающегося по водохранилищу в ГЭС, то наиболее доступной мерой снижения вреда представляется сокращение численности нежизнеспособных мигрантов. Очевидно, что для этого необходимо снизить уровень конкуренции молоди рыб за «место под солнцем», то есть на безопасном от ГЭС удалении повысить количество и качество безопасных мест для ее комфортного оседлого обитания. Поэтому для снижения размера компенсаций водопользователь-гидроэнергетик должен быть заинтересован в создании в водохранилище разветвленной сети естественных или рукотворных безопасных мест оседлого обитания ВБР.

При этом, если проанализировать основные объективные требования, предъявляемые СП [14] к защите рыб, можно отметить, что создание на безопасном удалении от ГЭС мест оседлого обитания ВБР, полностью им соответствует. Так, согласно СП конечной целью рыбозащиты на водохранилищах является обеспечение пребывания рыб, отведенных от водозабора, в безопасном месте [14]. Отсюда следует, что, создавая в водохранилище благоприятные условия для комфортного продолжительного обитания повышенной численности ВБР, можно обеспечить их продолжительное обитание на удалении от ГЭС и тем самым отвратить от подхода и попадания в нее. В свою очередь это позволило бы в полном соответствии с требованиями СП [14] достичь конечной цели рыбозащиты даже без использования дорогостоящего энергозатратного посредника – рыбозаградителя, что на порядки упрощает и сокращает стоимость ее создания при полном отсутствии затрат на эксплуатацию и энергообеспечение.

Каким же образом можно создать такое рукотворное безопасное место?

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОТОПА-ОАЗИСА ДЛЯ ЗАЩИТЫ РЫБ

Использование неоднородностей ландшафта, то есть естественной среды обитания, в качестве значимых ориентиров, и их роль в жизни животных переоценить невозможно. Животные даже по нужде ходят,

ориентируясь на характерные объекты естественного или искусственного происхождения. Поэтому грамотно используя упорядоченную систему значимых ориентиров можно предсказуемо управлять поведением, перемещением и обитанием животных, в том числе рыб.

Так, например, проточно развитые в водную толщу обширные или протяженные структуры подводного ландшафта с повышенной привлекательной неоднородностью, которую рыбы используют в качестве значимых ориентиров, обитаемых субстратов, надежных убежищ и кормовых стоянок, способны привлечь и долго удерживать ихтиофауну от длительных перемещений, в том числе в сторону ГЭС. Однако распределение естественных неоднородностей подводного ландшафта по водному объекту весьма неоднородно – где-то их густо, а где-то пусто. Поэтому именно через образовавшиеся между этими неоднородностями сквозные коридоры рыбы, не задерживаясь, свободно проходят к ГЭС.

Для предупреждения прохода рыб к ГЭС коридоры необходимо перекрыть, то есть также целенаправленно обустроить регулярной совокупностью доступных стационарных не требующих эксплуатации и энергообеспечения, привлекательных для рыб и иных ВБР рукотворных элементов повышения неоднородности подводного ландшафта. Это позволяет в проблемном водном объекте на участке перемещений рыб и их кормового ресурса, скорости водозаборного течения через который еще не превышают критических для рыб значений, создать рукотворный биотоп-оазис, привлекательный для продолжительного обитания и отвлекающий рыб от продолжения дальнейшего движения к ГЭС. Очевидно, что этот рукотворный биотоп-оазис и является тем самым безопасным местом, которое СП обязывает применять для обеспечения эффективной защиты рыб [14].

Каким же образом можно рукотворно повысить привлекательную для рыб и их кормового ресурса неоднородность подводного ландшафта?

Наиболее доступным представляется использование заметно развитых в водную толщу гидротехнических конструкций – рифовых модулей, которые, заселяясь колониями кормовых бентосных или перифитонных резидентов-фильтраторов, со временем полностью интегрируются в естественную среду их обитания и становятся природной станцией самоочистки воды. Поэтому согласно Федеральному закону «О рыболовстве ...» их применяют для улучшения экологического состояния водного объекта [17]. Тем самым рукотворные рифы на законных основаниях являются экологически полезными и допустимыми к использованию.

Практически, не затеняя водную толщу, проточные рифовые модули в подводном ландшафте создают также разнообразие ориентиров, субстратов, убежищ

и кормовых стоянок, привлекательных для массового заселения и оседлого обитания ихтиофауны и иных, в том числе кормовых ВБР.

Поэтому размещение рифовых структур комфортного обитания ВБР на безопасном от ГЭС удалении способствует естественным путем и без участия человека оседлому обитанию в них рыб, отвлечению их от миграций к ГЭС и попадания в нее, то есть обеспечивает достижение основной цели – предотвращения попадания жизнеспособных рыб в водозаборное сооружение и обеспечения их пребывания в жизнеспособном состоянии в безопасном месте [14], в комфортных условиях для обитания и нагула.

Очевидно также, что заселение кормовыми организмами перифитонно-бентосного сообщества обитаемого субстрата рифовых модулей, развитого в водную толщу дрейфа планктона, способствует интенсивной утилизации последнего рифовыми резидентами, которые переводят мигрирующий кормовой ресурс в свой собственный длительный период, сохраняющийся на рифе в живом виде для продолжительного порционного потребления ихтиофауной. При этом особо важным для водопользователя-гидроэнергетика представляется то, что резиденты рифа, утилизируя мигрирующий планктон, рационально используют его и тем самым регулируют численность не только утилизированных особей, но также и эмигрирующих из водохранилища. Последнее является чрезвычайно важным, поскольку это, пожалуй, единственный жизненно важный регулярно восполняемый кормовой ресурс, поставляемый водохранилищем оседлым обитателям нижнего бьефа гидроузла.

Существенным преимуществом рифовых структур является то, что они не нуждаются не только в эксплуатации и энергообеспечении, но и в коммуникациях. Поэтому рифовые биотопы-оазисы могут размещаться не перед самой ГЭС, а на безопасном от него удалении, где скорость водозаборного течения еще не превышает критических для рыб значений. Это позволяет жизнеспособным рыбам комфортно обитать в безопасном месте и удерживаться от сноса течением, ими преодолимым [4].

В связи с этим выход из рифового биотопа-оазиса и попадание в ГЭС его оседлых жизнеспособных обитателей практически не наблюдается. Тем самым рифовые безопасные места оседлого обитания ВБР в полном соответствии с СП [14] обеспечивают выполнение рыбозащитной функции.

Кроме того, согласно Постановлению Правительства РФ [5] помимо искусственного воспроизводства в состав восстановительных мер сохранения ВБР входит мелиоративная мера, которая, согласно Федеральному закону «О рыболовстве...» направлена, прежде всего, на улучшение экологического состояния водных объектов и должна проводиться именно путем «соз-

дания искусственных (рукотворных) рифов и донных ландшафтов» [17], что свидетельствует о легитимности и природопользовности рукотворных рифов.

Выступая на 70-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН Президент России В.В. Путин призвал мировое сообщество к созданию и внедрению «принципиально новых природоподобных технологий, которые не наносят урон окружающему миру, а существуют с ним в гармонии и позволяют восстановить нарушенный человеком баланс между биосферой и техносферой». При этом Президент подчеркнул, что «это действительно вызов планетарного масштаба. Убежден, чтобы ответить на него, у человечества есть интеллектуальный потенциал» [11].

Поскольку природопользовательские рукотворные рифовые модули повышения неоднородности подводного ландшафта полностью интегрируются в естественную среду обитания ВБР, то есть становятся даже не подобием, а, фактически, частью живой природы, то логично предположить, что они вполне могут стать основой для разработки наиболее доступной экологически ориентированной рыбоохранной природоподобной технологии. Потому, поддерживая убежденность нашего Президента, в настоящее время разрабатывается наиболее доступная природоподобная рифовая технология сохранения и рационального использования водных биоресурсов путем эколандшафтной коррекции естественной среды их обитания, которая реализуется по принципу «поставил и забыл». Причем природа все делает сама, то есть сама себя защищает. Человек лишь помогает ей на начальном этапе в ключевых точках водохранилища запустить процессы самоорганизации и саморегуляции локальных биотопов, оседлое обитание в которых предохраняет жизнеспособных жилых рыб и иных ВБР от подхода и попадания в ГЭС [2].

Чем же человек может помочь природе самой себя защищать?

Для активизации природных процессов необходим некий катализатор, вокруг которого начинаются и происходят процессы самоорганизации и саморегуляции природных, но целенаправленно формируемых биотопов-оазисов. Очевидно, что такими катализаторами-аттракторами являются заметно развитые в водную толщу обитаемые рифовые модули. Причем для целенаправленной настройки создаваемых биотопов-оазисов для выполнения конкретных задач их объединяют в упорядоченные протяженные или обширные структуры, которые гармонично вписывают в подводный ландшафт в ключевой точке проблемного водного объекта, характеризующейся максимальным биостоком.

Таким образом с помощью рифовой мелиорации легитимно обеспечивают предупреждение подхода и попадания рыб в ГЭС путем проведения экологически полезной, наиболее доступной, не нуждающейся в

А.В. ИВАНОВ, П.В. РАТНИКОВ
О НАИБОЛЕЕ ДОСТУПНОЙ ПРИРОДОПОДОБНОЙ
ТЕХНОЛОГИИ СОХРАНЕНИЯ, РАЦИОНАЛЬНОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ И
УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПУТЕМ УНИФИКАЦИИ
РИФОЗДАНИЯ

эксплуатации и энергообеспечении природоподобной защиты рыб нового поколения [2], полностью отвечающей объективным нормативным требованиям [14]. При этом себестоимость реализации природоподобной рифовой технологии минимум на два порядка ниже себестоимости «нормативных» рыбозаградителей [14].

Помимо создания комфортного привлекательного безопасного места оседлого обитания ихтиофауны на удалении от ГЭС, то есть «пряника», рифовая технология позволяет создать также «кнул», то есть источник биологической угрозы – биобарьер, отпугивающий жизнеспособных рыб от источника техногенной опасности – ГЭС (рис. 2). Биобарьер формируют на поперечной или косой упорядоченно-протяженной гряде рифовых модулей, оседло заселенных стайными хищными рыбами-засадчиками, которые используют модули в качестве развитых в водную толщу охотничьих стоянок и засад. О смертельной опасности встречи с охотящимися хищниками мирные рыбы знают на инстинктивном уровне, поэтому, ощущая их массовое присутствие, заблаговременно избегают встречи с ними и уходят от биобарьера обратно в водохранилище, например, в безопасное место – рифовый биотоп-оазис.

В то же время наиболее доступных – больных, голодных и ослабленных, то есть неконкурентных и уже нежизнеспособных особей, представляющих для ихтиоценоза серьезную опасность и подлежащих изъятию из экосистемы, хищники биобарьера утилизируют, переводя их малоценную биомассу в свою более ценную. При этом хищники устраняют также малоценных конкурентов промысловых планктофагов и бентофагов, а также регулируя их численность, выводят из-под излишнего пресса водных беспозвоночных фильтраторов. Тем самым обеспечивается, одновременно, оздоровление и регулирование ихтиоценоза, нагул и улучшение промыслового качества совокупного водного биоресурса, а также улучшение экологического состояния водного объекта.

Биобарьер нельзя отключить, например, с целью экономии электроэнергии. Поэтому, являясь наиболее действенным природным источником биологической угрозы, он способен независимо от человеческого фактора предотвращать подход и попадание рыб в ГЭС с эффективностью, достигающей 95–98% [7, 8].

Причем, не менее важной способностью и преимуществом биобарьера является то, что он, отпугивая от ГЭС жизнеспособных рыб, в том числе планктофагов, способствует их объединению в крупное организованное скопление – утилизатор планктона, которое не только коллективно обороняется от хищников, но и продуктивно нагуливается на дрейфующем к ГЭС планктоне (рис. 2). Это позволяет регулировать эмиграцию кормового ресурса (планктона и нежизнеспособного ихтиопланктона) из водохранилища, то есть

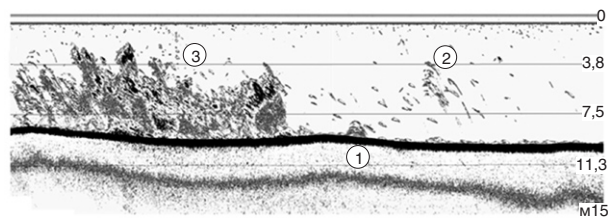


РИС. 2.

Управление целенаправленным перемещением и распределением рыб и планктона барьером, организованным на поперечной рифовой гряде (экограмма): 1 – поперечная рифовая гряда; 2 – охотничье построение организованных стайных иктиофагов – биобарьер; 4 – скопление планктофагов, остановленных биобарьером – утилизатор планктона

распределять его между потребителями в верхнем и нижнем бьефах гидроузла.

Таким образом использование рифовой природоподобной технологии позволяет осуществить доступную, не требующую эксплуатации и энергообеспечения, нормативно и законодательно востребованную эффективную технологию предотвращения попадания рыб и планктона в ГЭС, работающую по принципу «поставил и забыл».

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ РИФОВОГО МОДУЛЯ

Основной отличительной особенностью и преимуществом рукотворных рифовых модулей является не только доступность и экономичность их изготовления, но и возможность создания многообразия форм и конструкций с заданными свойствами. Поэтому с их помощью на локальном участке водного объекта можно целенаправленно повысить и развить в водную толщу требуемую неоднородность подводного ландшафта, создать для водного населения разнообразную, привлекательную обстановку, отличающуюся в лучшую сторону от однотонной среды остального водоема, и обеспечить необходимые условия для безопасного оседлого обитания и продуктивного нагула [13]. При этом разнообразие рифовых модулей позволяет рыбам, совершающим между ними поисково-кормовые перемещения, рассматривать каждый последующий модуль, как отличный от предыдущего. Поэтому рыбы воспринимают различные участки локального биотопа-оазиса, как все время новые, а сам биотоп-оазис более разнообразным и, главное, обширным и потому привлекательным для обитания, чем он есть на самом деле. Причем, чем разнообразнее состав формирующих биотоп-оазис рифовых модулей, тем устойчивее и продолжительнее оказывается привлекательность для его обитателей.

Однако отсюда следует, что для обустройства рифами проблемного участка водного объекта требуется повышенное разнообразие модулей, технологии из-

готовления которых могут различаться существенно, вплоть до невозможности их изготовления на одном предприятии. Поэтому выбор между стремлением к увеличению разнообразия конструкций модулей и доступностью их массового производства становится существенным препятствием, тормозящим создание рукотворных биотопов-оазисов.

Вряд ли есть смысл акцентировать внимание на разнообразии уникальных сложных конструкций рифовых модулей. Более оправданным и перспективным представляется создание и использование ограниченной группы базовых унифицированных деталей, из которых может быть изготовлено многообразие существенно отличающихся друг от друга рифовых конструкций. В свою очередь, эти рифовые конструкции могут быть дооборудованы множеством дополнительных ориентиров-субстратов, различных по конструкции, материалу и функционалу. Эти комплекты могут изготавливаться как на одном заводе, так и поставляться на него с других предприятий и монтироваться на рифовый модуль непосредственно на месте, перед его установкой в рабочее положение. Причем однотипность крепления таких комплектов позволяет обеспечить совместимость и взаимозаменяемость каждого из них со всеми многочисленными и дополняющими друг друга разновидностями.

В результате использование ограниченного числа базовых унифицированных деталей в комплекте с возможностью оснащения их разнообразием дополнительных ориентиров-субстратов позволяет создать практически безграничное разнообразие конструкций рифовых модулей, повышающих привлекательность для гидробионтов неоднородность проточного развития донного рельефа в водную толщу, и одновременно значительно увеличить производительность и снизить себестоимость их изготовления [3].

Необходимость в разнообразии рифовых модулей объясняется тем, что практически все они являются значимыми ориентирами-субстратами, то есть аттракторами, вблизи которых оседлые рыбы обитают и совершают свои локальные поисково-кормовые перемещения. В зависимости от размерно-видового состава предполагаемых оседлых обитателей рифовые модули различаются существенно.

Так, мирные рыбы младшего возраста могут полноценно нагуливаться и тем самым выживать только в условиях полной безопасности, обеспеченной присутствующим по близости надежным убежищем, в котором можно спрятаться от опасности. Поэтому приоритетным для оседлой молодежи рыб является стремление к обитанию и нагулу рядом с надежным убежищем, оборудованным элементами повышения неоднородности подводного ландшафта, соразмерными с укрывающейся среди них молодежью. Кроме того, эти элементы должны быть хорошо заметными ориентирами и обитаемыми субстратами, заселенны-

ми кормовыми организмами, численность которых на твердом субстрате, проточно развитом в водную толщу дрейфа планктона, не менее чем в 3 раза превышает численность кормовых организмов, обитающих на ровном дне [16].

Для крупных же рыб, главным образом, ихтиофагов, а также планктофагов более существенной является возможность охотиться из засады. Поэтому они предпочитают держаться рифовых модулей и их упорядоченно-протяженных гряд, которые можно использовать в качестве укромных охотничьих стоянок, параметры укрытия которых соразмерны с затаившимися засадчиками.

Поэтому для оптимизации создания рифовых модулей из всего их разнообразия выделены две основные линейки, одна из которых – надежные убежища для молоди (рис. 3), а другая – охотничьи стоянки-засады для взрослых рыб (рис. 4). При этом в качестве унифицированных бетонных деталей для создания надежного убежища используют кольцо стеновое [12], а укромной охотничьей засады – балку Г-образного профиля [15].

Для создания многообразия рифовых модулей различных конструкций и назначения разработан метод оптимизации изготовления каждого из них с использованием унифицированных деталей всего лишь одной модификации, по окружности/длине которых упорядоченно-равномерно распределены монтажные отверстия. Используя при сборке необходимое сочетание этих отверстий, определяют варианты рифового модуля требуемой конструкции. Монтажные отверстия, не задействованные при сборке требуемой конструкции, используют для размещения различных

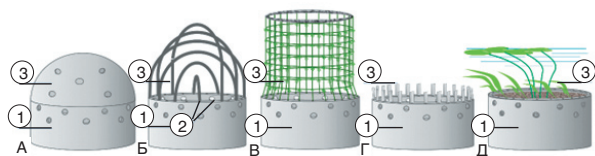


РИС. 3.

Модификации рифового модуля-убежища, разработанного с использованием унифицированного бетонного кольца стенового: А – рифовый модуль-убежище с дополнительными ориентирами-субстратами в виде перфорированной оболочки-крыши; Б – рифовый модуль-убежище с дополнительными ориентирами-субстратами в виде разновысоких дуг, имитирующих в совокупности проточную оболочку-крышу; В – глубоководный рифовый модуль с сетью дополнительных ориентиров-субстратов в виде гибких имитаторов водной растительности; Г – мелководный рифовый модуль с дополнительными ориентирами-субстратами в виде закручивающихся лопаток, имитирующих в совокупности жесткую водную растительность; Д – мелководный рифовый модуль с самовосстанавливающейся в вегетационный период естественной водной растительностью, предназначенный для оборудования осушаемых на зиму мелководий.

1 – унифицированное кольцо стеновое; 2 – упорядоченная совокупность монтажных отверстий; 3 – комплект дополнительных ориентиров-субстратов

А.В. ИВАНОВ, П.В. РАТНИКОВ
О НАИБОЛЕЕ ДОСТУПНОЙ ПРИРОДОПОДОБНОЙ
ТЕХНОЛОГИИ СОХРАНЕНИЯ, РАЦИОНАЛЬНОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ И
УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПУТЕМ УНИФИКАЦИИ
РИФОЗДАНИЯ

также унифицированных комплектов дополнительных ориентиров-субстратов, обеспечивающих максимально возможное разнообразие базовых рифовых модулей [12, 15]. Кроме того, применение унифицированных комплектов дополнительных ориентиров позволяет использовать базовые унифицированные детали, например, кольцо стеновое, для создания различных специфических конструкций рифовых модулей, работающих на участках водного объекта с различной глубиной воды – от глубоководной пелагиали (рис. 3В) до осушаемого мелководья (рис. 3Д).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одной из важнейших природоохранных задач гидроэнергетики является защита молоди рыб и планктона от гибели в крупной ГЭС. Однако современные нормативные рыбозаградители допускают травмирующий контакт рыб с защитным экраном/полем. В результате рыбы теряют жизнеспособность и гибнут. Кроме того отсутствие в конструкции рыбозаградителей специального безопасного места, в котором молодь могла бы спрятаться от опасности, приводит к ее возвращению к источнику этой опасности – хищнику или водозабору. Что касается планктона, то для его защиты рыбозаградители не предназначены.

Для действительного предотвращения попадания и гибели рыб и планктона в ГЭС необходимо создание новых экологически обоснованных, технически выполнимых и экономически приемлемых технологий заблаговременного управления поведением рыб и иных водных биоресурсов.

Именно о создании таких «новых природоподобных технологий, которые не наносят урон окружаю-

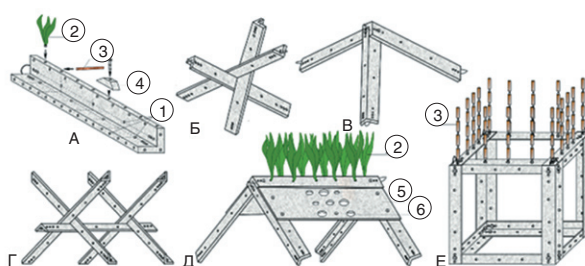


РИС. 4.

Модификации рифового модуля-засады, разработанного с использованием унифицированной балки Г-образного профиля: А – унифицированная балка Г-образного профиля; Моноцентрические рифовые модули; Б – гексапод-трансформер; В – пирамида; Полицентрические рифовые модули; Г – ёрш (козлы); Д – призма; Е – куб. 1 – упорядоченная совокупность монтажных отверстий; 2 – гибкий имитатор водной растительности; 3 – жесткий имитатор водной растительности; 4 – волнообразная вставка, формирующая криволинейные обводы прямолинейных рифовых деталей; 5 – щиты-субстраты, увеличивающие твердую обитаемую площадь рифового модуля; 6 – вplyвные отверстия

щему миру, а существуют с ним в гармонии» говорил в своем выступлении на 70-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН Президент РФ В.В. Путин [11].

Чтобы Россия и её гидроэнергетика существовали в гармонии с природой, разработана наиболее доступная инновационная природоподобная технология сохранения и рационального использования водных биоресурсов с использованием естественной среды их обитания, которая на крупных ГЭС реализуется путем проведения эколандшафтной коррекции ключевых точек водохранилища с помощью доступных, технологичных, не требующих эксплуатации и энергообеспечения высокопродуктивных рукотворных биотопов-оазисов, состоящих из разнообразных малых гидротехнических форм – рифовых модулей, которые, целенаправленно повышая неоднородность и привлекательность природной среды, полностью в нее интегрируются, улучшая ее экологическое состояние. С помощью рукотворных рифовых структур можно, управляя поведением гидробионтов, не только предотвращать их попадание в ГЭС, но регулировать и оздоравливать ихтиоценозы, рационально использовать совокупный водный биоресурс, повышать его промысловое качество, и тем самым помогать природе самой себя защищать.

Для проведения эколандшафтной коррекции множества разнообразных водохранилищ необходимо изготовление многообразных рифовых модулей различных конструкций и назначения. Для оптимизации данного процесса разработан метод изготовления модулей с использованием унифицированных деталей всего лишь одной модификации, по окружности/длине которых упорядоченно-равномерно распределены монтажные отверстия. Используя при сборке необходимое сочетание этих отверстий, определяют варианты рифового модуля требуемой конструкции. Так, для создания надежного убежища и укромной охотничьей засады в качестве унифицированных деталей используют бетонные: чашу и балку Г-образного профиля, соответственно. Монтажные отверстия, не задействованные при сборке требуемой конструкции рифового модуля, используют для размещения различных также унифицированных комплектов дополнительных ориентиров, обеспечивающих максимально возможное разнообразие базовых рифовых модулей [15]. При этом в качестве унифицированных бетонных деталей для создания надежного убежища используют кольцо стеновое [12], а укромной охотничьей засады – балку Г-образного профиля [15].

ЛИТЕРАТУРА

1. Водный кодекс РФ от 03.06.2006 № 74-ФЗ.
2. **ИВАНОВ А.В.** Наиболее доступная природоподобная технология сохранения водных биологических ресурсов с использованием естественной среды их обитания // Фрактал. 2020. Вып. 4. С. 5–12.

3. **ИВАНОВ А.В.** Некоторые аспекты унификации рифоздания // Гидротехническое строительство. 2024. № 8. С. 28–37.
4. **ИВАНОВ А.В.** Рыбозащита или защита рыб? // Гидротехническое строительство. 2024. № 2. С. 2–15.
5. Конституция Российской Федерации (Принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 года с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 1 июля 2020 года).
6. **ЛОГИНОВ В.В., КЛЕВАКИН А.А., МОИСЕЕВ А.В.** Определение вреда водным биологическим ресурсам на водозаборных сооружениях технического водоснабжения Нижегородской ГЭС // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2016. № 1. С. 84–98.
7. **ИВАНОВ А.В.** О защите рыб на ГЭС // Гидротехническое строительство. 2022. № 6. С. 23–33.
8. Научно-технический отчет по договору от 01.09.2011 года № 10.10.2011 П-46/10-08 «Мониторинг и проверка эффективности рыбоохранных мероприятий с помощью оборудования Вазузского водохранилища местами оптимального обитания рыб». Тверь: ФГБУ «Центррыбвод», 2013. 118 с.
9. Постановление Правительства РФ от 29.05.2025 № 785 «Об утверждении положения о мерах по сохранению водных биологических ресурсов и среды их обитания».
10. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 31 марта 2020 г. № 167 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам».
11. **ПУТИН В.В.** Выступление на пленарном заседании 70-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН. Нью-Йорк, 28.09.2015.
12. Рифовая чаша / Патент RU 219940 U1 // Бюл. № 23, 2023.
13. Рыбозащитное убежище. Патент RU 57758 U1, Бюл. 2006. № 30.
14. СП 101.13330.2023 Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. СНиП 2.06.07-87 (утв. Приказом Минстроя России от 16.06.2023 № 420/пр). М.: Минстрой России, 2023.
15. Способ улучшения условий обитания гидробионтов / Патент RU 2819899 C1 // Бюл. № 16, 2024.
16. Тезисы докладов Всесоюзной конференции «Искусственные рифы для рыбного хозяйства». М. 1987. 131 с.
17. Федеральный закон от 20.12.2004 № 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов».

REFERENCES

1. The Water Code of the Russian Federation dated June 2006; 3. N 74-FZ (In Russian).
2. **IVANOV A.V.** The most accessible nature-like technology

- for the storage of aquatic biological resources using their natural habitat. *Fractal*. 2020;4:5–12. (In Russian).
3. **IVANOV A.V.** Some Aspects of the Unification of Reef Construction. *Gidrotekhnicheskoye stroitel'stvo*. 2024;8:28–37. (In Russian).
 4. **IVANOV A.V.** Fish Protection or Fish Protection? *Gidrotekhnicheskoye stroitel'stvo*. 2024;(2):2–15.
 5. The Constitution of the Russian Federation (Adopted by popular vote on December 12, 1993, with amendments approved during the nationwide vote on July 1, 2020). (In Russian).
 6. **LOGINOV V.V., KLEVAKIN A.A., MOISEEV A.V.** Determination of harm to aquatic biological resources at the water intake structures of the technical water supply of the Nizhny Novgorod Hydroelectric Power Station. *Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravleniye*. 2016;1:84–98. (In Russian).
 7. **IVANOV A.V.** On Fish Protection at Hydroelectric Power Stations. *Gidrotekhnicheskoye stroitel'stvo*. 2022; 6:23–33. (In Russian).
 8. Scientific and Technical Report on the agreement dated 09.01.2011 No. 10.10.2011 P-46/10-08 "Monitoring and verification of the effectiveness of fish protection measures using the equipment of the Vazuza reservoir for optimal fish habitat" Tver: Federal State Budgetary Institution Centrrybvod, 2013:118. (In Russian).
 9. Resolution of the Government of the Russian Federation N 785 dated May 29, 2025, "On the Approval of the Regulations on Measures to Conserve Aquatic Biological Resources and Their Habitat." (In Russian).
 10. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated March 31, 2020, N 167 "On Approval of the Methodology for Calculating the Amount of Damage Caused to Aquatic Biological Resources." (In Russian).
 11. **PUTIN V.V.** Speech at the plenary session of the 70th session of the UN General Assembly. New York, 09.28.2015. (In Russian).
 12. Reef Bowl. Patent RU 219940 U1. Bull. 2023. N 25, (In Russian).
 13. Fish Protection Shelter. Patent RU 57758 U1. Bull. 2006. N 30. (In Russian).
 14. SP 101.13330.2023. Retaining walls, navigation locks, fish passage and fish protection structures. SNiP 2.06.07-87 (approved by Order of the Ministry of Construction of Russia dated June 16, 2023, N 420/pr). Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2023. (In Russian).
 15. Method for improving the living conditions of aquatic organisms. Patent RU 2819899 C1. Bull. N 16. 2024. (In Russian).
 16. Abstracts of Reports of the All Union Conference "Artificial Reefs for Fisheries" Moscow: 1987:131. (In Russian).
 17. Federal Law N 66-FZ dated December 20, 2004, "On Fishing and the Conservation of Aquatic Biological Resources." (In Russian).

Иванов Александр Васильевич

д.т.н., главный специалист АО «Институт Гидропроект»

➔ 125080, г. Москва, Волоколамское ш., д. 2, эт. 5, пом. I, ком. 12
125080 Moscow, Volokolamskoye Shosse, Room 12, Premises I, 5th Floor, 2
тел.: +7 (495) 727-36-05 # 3247,
e-mail: a.ivanov@hydroproject.ru

Ратников Павел Васильевич

главный инженер проекта АО «Институт Гидропроект»

➔ 125080, г. Москва, Волоколамское ш., д. 2, эт. 5, пом. I, ком. 12
125080 Moscow, Volokolamskoye Shosse, Room 12, Premises I, 5th Floor, 2
тел.: +7 (495) 727 36 05 # 3058
e-mail: p.ratnikov@hydroproject.ru