

## РЫБООХРАННЫЙ КОМПЛЕКС ГИДРОУЗЛА

© 2013 г. О.Г. Введенский

*Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола*

**Ключевые слова:** рыбоохранные мероприятия, гидроузел, рыбопропускные сооружения, рыбоход, рыбозащитные сооружения, искусственные нерестилища, нерестовая миграция, покатная миграция, естественное воспроизводство рыбы.



Рассмотрены возможные подходы к созданию на гидроузлах рыбоохранных комплексов, которые позволят восстановить естественное воспроизводство проходных и полупроходных видов рыб и обеспечить безопасность эксплуатации гидротехнических объектов различного назначения. Предложены варианты новых технических решений по модернизации классических рыбоходных сооружений и рыбонаправляющих устройств. Представлены математическое обоснование предлагаемых технических решений и результаты экспериментальных исследований.

Начиная с середины XX в., острота проблем охраны живой природы не снижается, а продолжает нарастать. Совершенно очевидно, что без специальных мер охраны некоторые виды животных не могут выжить. Чтобы человек своей деятельностью не ставил под угрозу генофонд живой природы, необходимо сохранять численность популяций на уровне, достаточном для их выживания. Данная задача определяется следующим.

Во-первых, обусловленное длительным процессом эволюции видовое разнообразие составляет основу целостности экосистем, а значит, и биосферы в целом. Выпадение нескольких, а иногда даже одного «малоценного» вида ведет к нарушению этой целостности, разрушению продуктивных экосистем. По мере того как естественные сообщества становятся менее разнообразными, их сопротивляемость антропогенному воздействию и продуктивность снижаются, начинается вырождение.

Во-вторых, водные организмы представляют важнейший ресурс, вовлекаемый в хозяйственную деятельность человека. Рыбы широко используются в питании населения, производстве ряда медицинских препаратов, для корма скота и в других целях.

В-третьих, велика роль рыб в удовлетворении рекреационных и эстетических потребностей человека. Большую значимость рыбы имеют как биоиндикаторы загрязнения воды и состояния водных экосистем.

Условно все антропогенное воздействие на водоемы и его обитателей можно разделить на физическое, химическое и биологическое. Однако необходимо иметь в виду, что ряд стрессоров действует по нескольким каналам. В настоящее время одним из самых разрушительных воздействий на популяции рыб является гидротехническое строительство и зарегулирование стока, которые существенно изменяют гидрологические характеристики рек и приводят к превращению лотических экосистем в лентические. При этом происходит исчезновение или резкое сокращение численности и ареалов реофильных и диадромных рыб. Плотины резко изменяют условия миграций рыб. Нерестовые миграции против течения приостанавливаются плотинами, что ведет к прекращению естественного воспроизводства, а покатные миграции заканчиваются гибелью рыб в турбинах ГЭС и водохранилище. У туводных рыб вместо единого стада образуются два стада – выше и ниже плотины. Как правило, зарегулирование стока ведет к разрушению популяционной системы воспроизводства проходных и многих жилых видов рыб [1].

При зарегулировании стока в условиях каскада водохранилищ на участке «река – водохранилище – река» трижды происходит резкое изменение видового и количественного состава покатной молодежи рыб. Так, в зоне выклинивания подпора уровня водохранилища гибнут реофилы, в водохранилище увеличивается число лимнофилов. Происходит и массовый вынос через плотину пелагических рыб, их гибель при скате через турбины ГЭС из-за баротравм при перепаде гидростатического давления.

Кроме того, регулирование в течение суток вызывает резкие колебания уровня воды, ведет к осушению прибрежных мелководий, гибели икры и молодежи рыб. Особенно сильное влияние оказывают сезонная деформация стока, его межсезонное перераспределение и уменьшение весеннего паводка, приходящегося на период нерестовых миграций и размножения рыб. При этом снижаются стимулирующее воздействие стока и привлечение в реку физиологически подготовленных производителей рыб, исключается своевременное затопление пойм рек, где не только нерестятся, но и нагуливаются многие виды.

С другой стороны, гидротехническое строительство направлено на решение целого ряда важнейших для экономики задач, без чего невозможно дальнейшее устойчивое развитие современного общества. Это производство энергии, создание больших запасов пресной воды для питьевого и хозяйственного водопотребления, обеспечение водного транспорта полноводными магистралями, получение обширных угодий для развития рекреации и др.

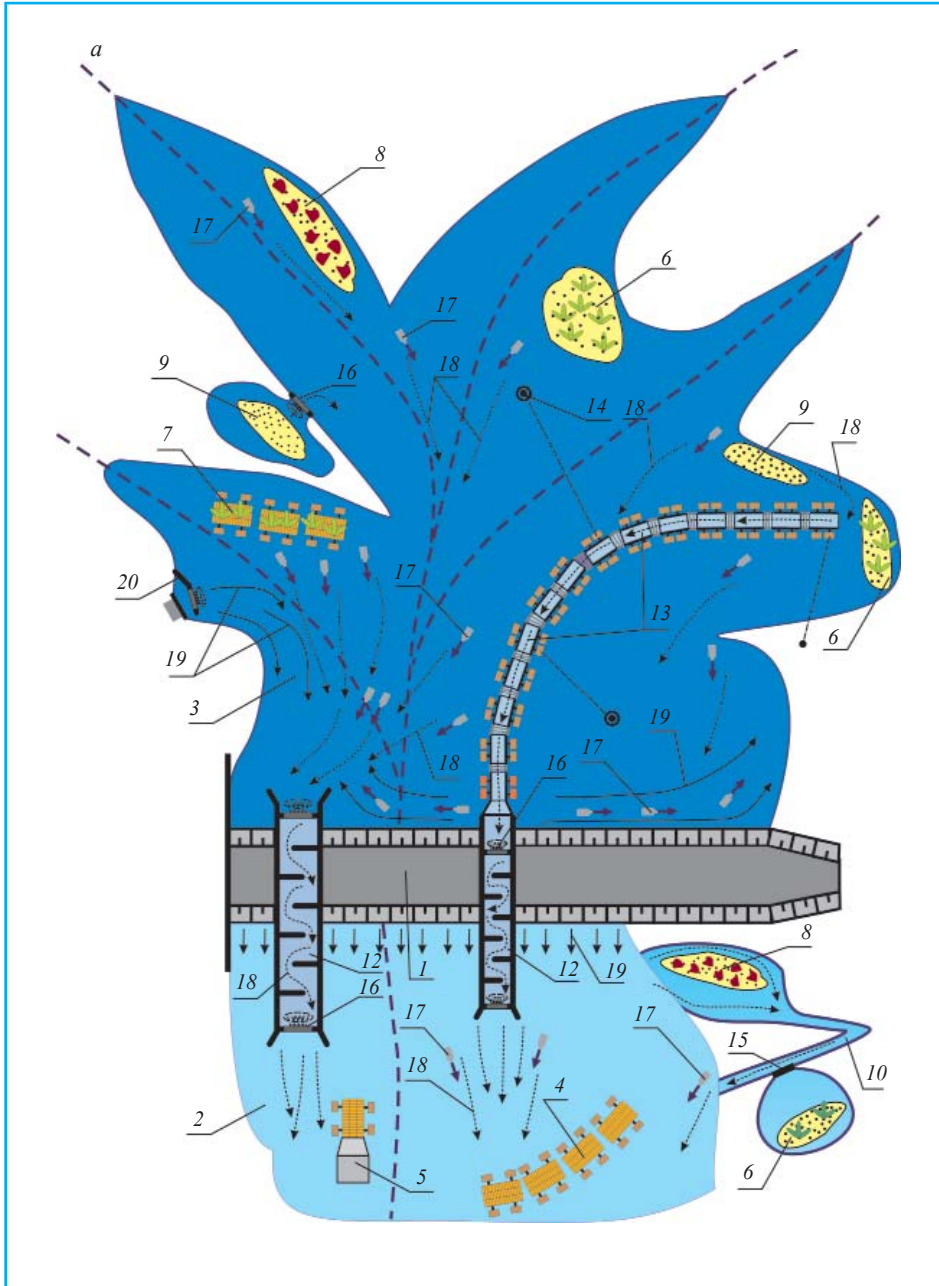
Анализ негативных экологических последствий гидротехнического строительства для рыбного хозяйства позволяет сделать вывод о том, что

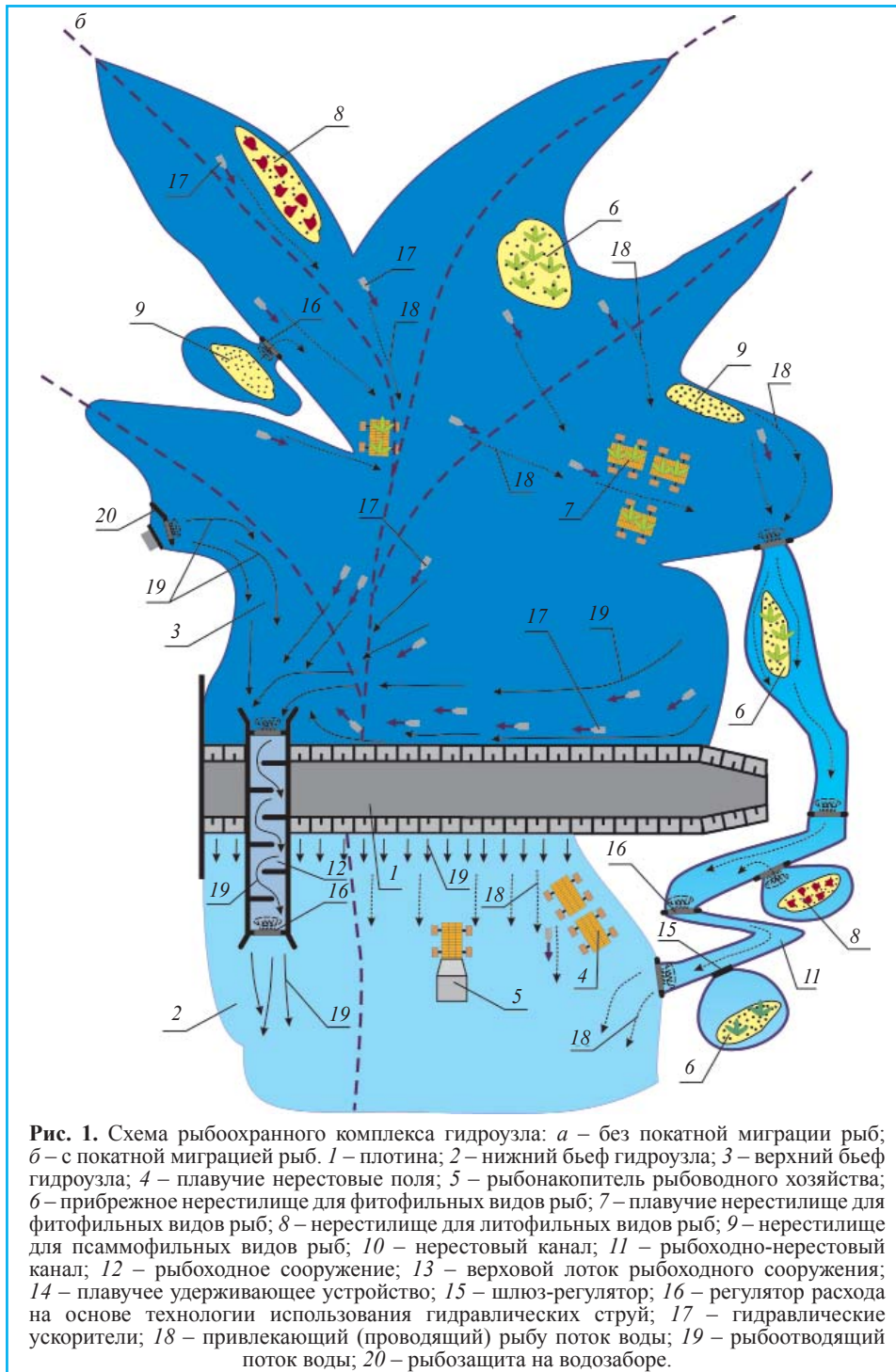
большинство видов ущерба можно предотвратить предупредительными мерами, которые должны состоять из комплекса технологий и сооружений, направленных на сохранение условий естественного воспроизводства водных биологических ресурсов на всех стадиях их жизненного цикла при эксплуатации плотин.

Рассмотрим более подробно мероприятия, образующие рыбоохранный комплекс гидроузла (рис. 1): организация систем искусственных нерестилищ; создание рыбоходно-нерестовых каналов и искусственных рыбоводных предприятий; восстановление путей движения рыб при нерестовых и покатных миграциях; формирование водных коридоров для привлечения и проводки производителей рыб к местам нереста, а ее молоди к рыбопропускным сооружениям; обеспечение защиты рыб от попадания в водозаборные сооружения различного назначения.

Как уже отмечалось выше, анадромная или нерестовая миграция рыб в зарегулированных реках прекращается под первыми плотинами в каскаде гидроузлов. Величина наносимого ущерба зависит от доли утраченных вследствие гидротехнического строительства нерестилищ. При этом зарегулирование стока в нижних участках рек имеет особенно негативные последствия, угрожая исчезновением или резким сокращением отдельных популяций и видов (проходных или полупроходных) рыб. Например, на Волге после строительства Волгоградской плотины (около 700 км от дельты) для проходных рыб оказались отрезанными практически 100 % нерестилищ белорыбицы и белуги, 85 % осетра и 70 % проходных сельдей. Из 3600 га естественных нерестилищ осетровых осталось только 395 га [1]. В этом случае существующие нерестовые площади необходимо дополнить системой искусственных нерестилищ, позволяющих обеспечить нерест всего видового состава производителей рыб.

По характеру используемого в нерестилищах субстрата для кладки икры рыбы делятся на группы: фитофилов (откладывают на растительность), псаммофилов (на песок), литофилов (на камни), пелагофилов (в толще воды) [2]. Для изготовления субстрата для искусственных нерестилищ применяют различные материалы: растительность (хвойные ветви, сухую траву, водоросли и др.), синтетические материалы, сетное полотно, гальку, гравий, керамзит. В практике организации систем искусственных нерестилищ очень удобно применять быстросъемные панели. Они позволяют непосредственно перед началом нереста формировать нерестовые поля на участках водотока, оптимальных для нереста и пригодных для использования конкретным видом рыб. Так, для литофильных видов рыб предлагаются нерестовые поля из панелей, имитирующих подвижной или стационарный каменный субстрат, а для фитофильных – водную растительность [3]. В условиях водохранилищ, где осуществляется регулирование пропуска воды





через плотину гидроузла, нерестовые поля следует размещать в зонах водотока, не подверженных периодическому осушению.

Помимо нерестовых полей для обеспечения нереста рыб в нижнем бьефе гидроузла могут быть использованы нерестовые каналы и искусственные рыбоводные предприятия [4]. Нерестовые каналы, как правило, представляют искусственный водопроводящий тракт (см. рис. 1а), имитирующий рельеф речного русла: плесы и перекаты, поймы и русла. На участках канала с определенными гидравлическими условиями укладывают соответствующие виды субстрата для кладки икры. Конечным результатом перечисленных выше мероприятий должно стать получение полноценной жизнестойкой молоди как в естественных условиях, так и на рыбоводных заводах. Часть повзрослевшей молоди рыб целесообразно выпустить обратно в материнскую реку, но не только в нижний, но и в верхний бьеф гидроузла, пополнив тем самым рыбные запасы водохранилища. Оставшуюся часть молоди рыб следует направлять в нагульные хозяйства, а затем потребителю.

Как показывает практика, производительность предприятий искусственного воспроизводства и рыбоводства примерно в 100 раз выше, чем продуктивность естественных водоемов и водохранилищ [4]. С другой стороны, в результате искусственного воспроизводства рыб происходит снижение генетического разнообразия из-за использования ограниченного числа особей для получения половых продуктов. У обладающих сложной популяционной структурой видов этому также способствует использование для воспроизводства представителей только какого-то одного локального стада или экологической формы. В результате происходит снижение уровня белкового полиморфизма, утрата аллелей и обеднение генофонда и, как итог, снижение уровня генетической изменчивости. Это отрицательно отражается на генетическом популяционном гомеостазе, т. е. на наборе генетически обусловленных реакций, обеспечивающих устойчивость развития организма в меняющихся условиях среды [1]. Уменьшение генетической гетерогенности превращается для популяции и для всего вида в серьезный фактор риска. Таким образом, для сохранения видового разнообразия и защиты отдельных видов рыб от исчезновения и вырождения необходимо обеспечить условия для их естественного воспроизводства.

Поддержание естественного воспроизводства на зарегулированных реках требует не только восстановления нерестилищ, но и решения еще одной очень важной и сложной проблемы – перекрытия плотинами миграционных путей рыб. Адаптивное значение таких миграций заключается в том, что они способствуют устойчивому поддержанию границ ареала обитания и использованию его трофической части. Нерестовые миграции хорошо выражены у проходных рыб, которые кормятся в море, но для размножения

входят в реки. Они свойственны главным образом рыбам Северного полушария: сельдевым, лососевым, осетровым и др. [5]. Помимо того, миграции характерны и для туводных (жилых) видов рыб для поддержания целостности популяции. С целью восстановления миграционных путей рыб на зарегулированных реках в составе гидроузлов необходимо устраивать рыбопропускные сооружения.

Существующие в настоящее время рыбопропускные сооружения делят на рыбоходы и рыбоподъемники [6]. В рыбоходах рыбы перемещаются благодаря их активному движению на всем протяжении рыбопропускного устройства, а в рыбоподъемниках – за счет работы самого сооружения, не затрачивая собственной энергии на преодоление водного напора.

Рыбоподъемники обладают рядом существенных недостатков: цикличность действия, несоответствие биологическим особенностям рыб, наличие движущихся элементов, отличие условий выпуска рыб в верхний бьеф от речных условий, сложность в эксплуатации и др. [7, 8]. В свою очередь, рыбоходы являются наиболее распространенным, исследованным и широко используемым на практике видом рыбопропускных сооружений. Они представляют открытые каналы, выполненные с постоянным или переменным уклоном по длине [7, 8]. Рыбоходы используют естественное стремление рыб идти на нерест против течения, поэтому условия пропуска рыб в рыбоходах близки к естественным. В основе работы действующих рыбоходов лежит технология создания транзитных течений с благоприятным для движения рыб гидравлическим режимом. Специально организованное транзитное течение используют для привлечения рыб в рыбоход, ориентации и стимуляции их движения по его маршевым камерам, а также с целью создания условий для отдыха рыб в водоворотных зонах, формируемых как в маршевых камерах, так и в камерах отдыха.

Несмотря на очевидные достоинства перед рыбоподъемниками, используемые в настоящее время конструкции рыбоходов имеют очень существенный недостаток, значительно, а в отдельных случаях и полностью снижающий эффективность рыбопропуска. Как известно, для водохранилищ характерны регулярные технологические колебания уровня воды, приводящие к изменению на гидроузле перепада между бьефами. Однако от последнего напрямую зависит скорость транзитного (привлекающего рыбу) течения по длине рыбоходного тракта. Поэтому она также подвержена регулярным колебаниям. Это обстоятельство приводит к нарушению условий эффективного пропуска рыб, т.к. в случае больше расчетной величины перепада между бьефами в рыбоходе формируется транзитное течение с непреодолимо высокими для рыб скоростями, меньше расчетной величины – повлечет за собой слабое выделение привлекающего шлейфа и отсутствие условий для поступательного движения рыб против течения вверх по рыбоходу. С целью

устранения указанного недостатка рыбоходов нами предложены классические конструкции рыбоходов, работающих по новой экологической технологии, которая заключается в стабилизации гидравлических условий пропуска рыб из нижнего в верхний бьеф гидроузла с помощью гидравлических струй (рис. 2, 3) [9–13].

При истечении гидравлических струй из струеобразующих насадок (см. рис. 2), установленных по периметру рыбопропускного отверстия, как правило, прямоугольной формы в поперечной разделительной стенке, образующей камеру рыбохода, формируется суммарный поток с осевой скоростью  $V_{U0}$ , определяемой из следующего выражения:

$$V_{U0} = \varphi \frac{V_0 d_{0n}^{\frac{2}{3}} b_3^{\frac{1}{3}} n}{9,514 (h_3 - b_3)}, \quad (1)$$

где  $V_{U0}$  – начальная осевая скорость суммарного потока, м/с;

$\varphi$  – безразмерный коэффициент, определяемый опытным путем;

$V_0$  – начальная скорость истечения гидравлических струй из струеобразующих насадок, м/с;

$d_{0n}$  – диаметр струеобразующих насадок, м;

$b_3$  – расстояние между осями гидравлических струй, м;

$n$  – число гидравлических струй в ряду;

$h_3$  – расстояние между плоскостями распространения гидравлических струй, м.

Поперечная разделительная стенка с рыбопропускным отверстием предлагаемой конструкции за счет суммарного потока играет роль регулятора расхода воды, позволяя формировать в рыбоходном тракте рыбохода оптимальную скорость транзитного (привлекающего рыбу) течения (рис. 3). Практика проектирования рыбоходных сооружений [8] и анализ выражения (1) показывают, что изменять величину  $V_{U0}$  целесообразнее всего за счет начальной скорости истечения гидравлических струй из струеобразующих насадок  $V_0$  или количества гидравлических струй в ряду  $n$ , что подтверждается и экспериментальными исследованиями (рис. 4).

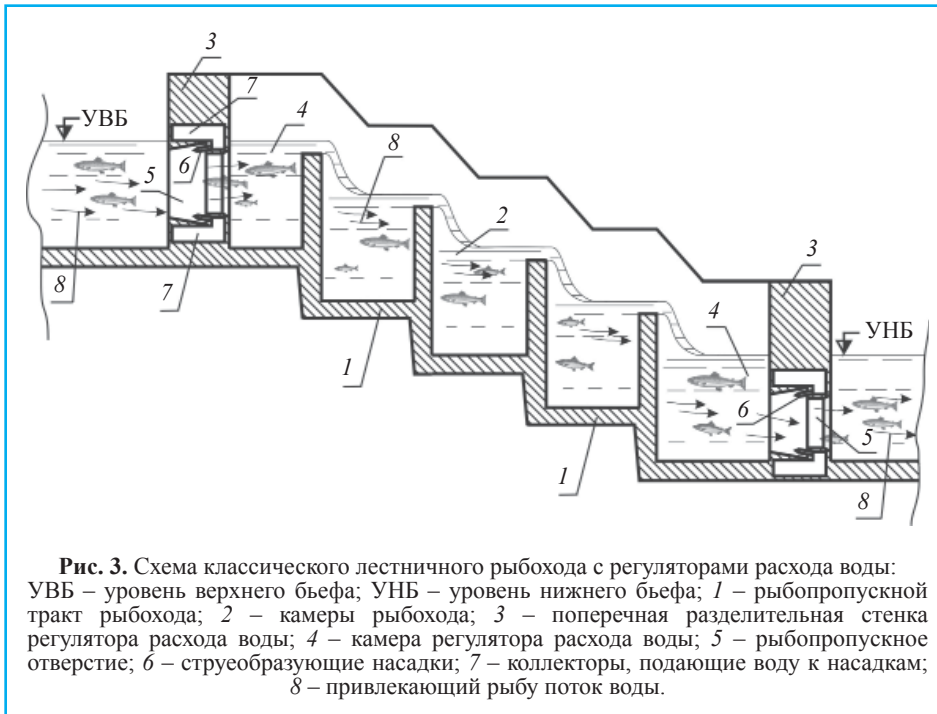
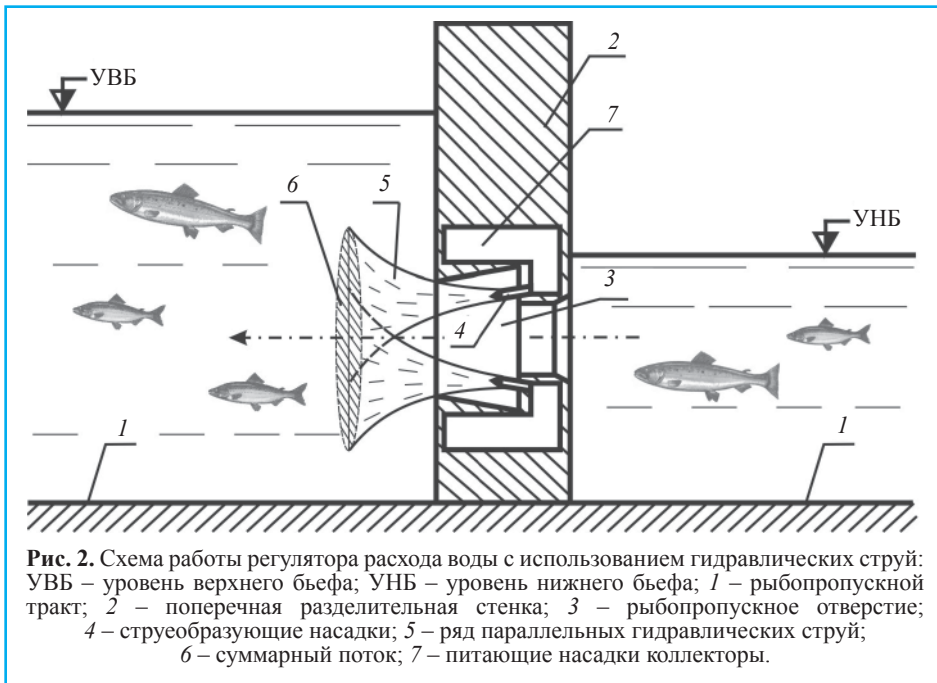
Привлекающее рыбу течение в рыбоходе формируют за счет так называемого дополнительного (избыточного) напора  $\Delta H$ , зависящего от значения  $V_{U0}$  и действительной величины напора  $H$ , приходящегося на перегородку регулятора расхода воды (рыбохода)

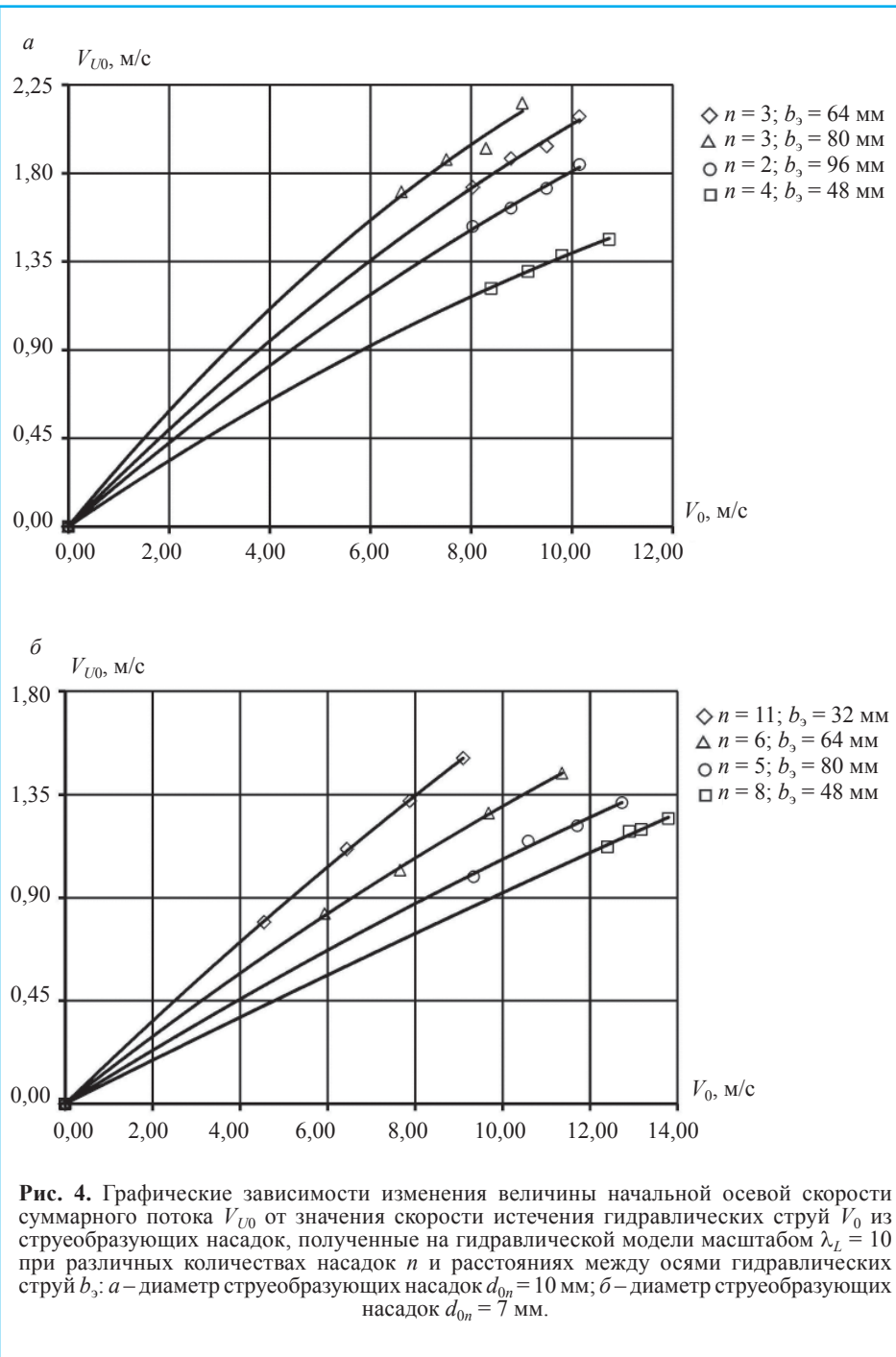
$$\Delta H = H - \frac{V_{U0}^2}{g}, \quad (2)$$

где  $\Delta H$  – величина дополнительного напора, м;

$H$  – величина напора на перегородку регулятора расхода воды (рыбохода), м;







$V_{U0}$  – начальная осевая скорость суммарного потока, м/с;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Величину  $\Delta H$  необходимо устанавливать в зависимости от вида движущейся по рыбоходному тракту рыбы. В таблице представлены оптимальные значения величины  $\Delta H$  в зависимости от требуемого привлекающего потока, рассчитанного по известным методикам [6].

Представленные в таблице данные получены путем пересчета привлекающих и сносящих рыб скоростей по формуле, устанавливающей связь между величиной  $\Delta H$  и средней скоростью привлекающего потока  $V_{\text{прив.ср}}$  на входе в рыбопропускное отверстие рыбохода (регулятора расхода воды):

$$V_{\text{прив.ср}} = \varphi_{\text{п}} \sqrt{2g\Delta H}, \quad (3)$$

где  $V_{\text{прив.ср}}$  – средняя скорость привлекающего потока;

$\varphi_{\text{п}}$  – коэффициент, устанавливаемый опытным путем (по результатам экспериментальных исследований рекомендуем  $\varphi_{\text{п}} = 0,5$ );

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$\Delta H$  – величина дополнительного напора.

Кроме того, предлагаемая конструкция регулятора расхода воды позволяет организовать взамен нерестовых каналов в нижнем бьефе гидроузла рыбоходно-нерестовые каналы [8], сочетающие искусственные нерестовые поля и рыбоходное сооружение (см. рис. 1б). Подобные каналы будут эффективны на гидроузлах не только с малым, но и со средним напором.

Обеспечение пропуска рыб из нижнего бьефа гидроузла в водохранилище является лишь первым этапом на пути решения задачи естественного воспроизводства проходных и полупроходных видов рыб. Второй этап решения данной проблемы обусловлен тем, что движущаяся против течения на нерест рыба, пройдя в верхний бьеф гидроузла, попадает из условий реки в условия озера. Это, безусловно, отрицательно скажется на эффективности поиска ими нерестилищ. Поэтому в водохранилищах целесообразно устраивать системы протяженных ориентиров [3] или создавать с помощью

**Таблица.** Оптимальные значения величины  $\Delta H$  в зависимости от вида движущейся рыбы

Вид рыб	Оптимальные величины				Максимальные величины			
	привлекающая скорость, м/с		дополнительный напор $\Delta H$ , м		сносящая скорость, м/с		дополнительный напор $\Delta H$ , м	
	min	max	min	max	min	max	min	max
лососевые	0,90	1,40	0,26	0,63	1,10	1,60	0,39	0,82
осетровые	0,70	1,20	0,16	0,46	0,90	1,40	0,26	0,63
частиковые	0,50	0,80	0,08	0,20	0,90	1,20	0,26	0,46

гидравлических ускорителей потоки воды для привлечения и проводки производителей рыб на участки и притоки водохранилища с ярко выраженными естественными течениями. Помимо этого можно использовать предложенную нами конструкцию верхнего лотка рыбопропускного сооружения [14] (см. рис. 2). Она позволит создать для прошедших рыбопропускное сооружение рыб благоприятные условия выпуска в верхний бьеф гидроузла, не зависящие от гидравлической обстановки в приплотинной зоне. Данное обстоятельство будет способствовать скорейшему восстановлению ориентации и адаптации рыбы к условиям верхнего бьефа, исключая их скат через водосбросную плотину обратно в нижний бьеф гидроузла.

Следующей задачей восстановления миграционных путей рыб является подготовка на соответствующих участках искусственных нерестилищ как для проходных, так и для жилых видов рыб. При оборудовании нерестилищ следует учитывать величину колебаний уровня воды в водохранилище, связанную с сезонным распределением стока воды или с работой гидроагрегатов ГЭС. Безусловно, нерестилища надлежит размещать ниже минимального уровня воды верхнего бьефа водохранилища, но при этом следует учитывать, что чрезмерное углубление приведет к нарушению условий нереста, т. к. нерест ниже оптимальных глубин не наблюдается. Предлагается два варианта действий [3]: либо следовать за колебаниями воды в водохранилище с помощью плавучих нерестилищ, либо идти путем обеспечения постоянства уровня воды на нерестилище с управляемым уровненным режимом с использованием шлюза-регулятора [3] или предложенной нами конструкции регулятора расхода воды (см. рис. 1). Регулятор расхода воды по сравнению с шлюзом-регулятором позволяет не только поддерживать заданный уровень воды на нерестилище, но и создавать привлекающее рыбу течение оптимальной величины (см. таблицу) на подходе к нерестовому полю.

Заключительным этапом восстановления миграционных путей рыб является решение задачи обеспечения безопасности покатной миграции рыб, а также защиты рыб от попадания в водозаборные сооружения различного назначения. Покатная миграция выражается в возвращении отнерестившихся производителей и скате молоди к местам нагула. В условиях водохранилищ происходит задержка ската молоди перед плотиной, вынос покатников в ирригационные системы и их массовое попадание в другие водозаборные сооружения, а также массовая гибель молоди рыб в турбинах гидроэлектростанций. В настоящее время эта проблема не имеет однозначных и эффективных решений. На наш взгляд, мероприятия по обеспечению безопасности покатников на зарегулированных реках должны реализоваться по трем взаимосвязанным и взаимодополняющим направлениям. А именно – обеспечение безопасного пропуска покатников через плотину гидроузла из водохранилища в нижний бьеф,

предупреждение подхода рыб к источнику опасности и защита непосредственно перед этим источником.

Для предупреждения подхода рыб к источнику опасности в условиях самостоятельного или пассивного расселения по акватории водохранилища разумно использовать искусственные убежища и рыбоотводящие течения со сносящими скоростями для рыб (см. таблицу). Искусственные убежища предоставляют мигрирующей рыбе оптимальные условия для продолжительного оседлого обитания на удалении от источника опасности и, как следствие, воздержание от перемещений в его сторону [3]. В свою очередь рыбоотводящие течения призваны защитить мигрантов от попадания в водозаборные сооружения. С другой стороны, они позволяют перенаправлять покатников от источников опасности в благоприятные для обитания рыб места водохранилища или к специальным устройствам, обеспечивающим безопасный пропуск мигрирующей рыбы через плотину в нижний бьеф гидроузла.

С целью реализации безопасного пропуска покатников через плотину гидроузла целесообразно использовать предложенные нами регуляторы расхода воды в конструкциях классических рыбоходов (см. рис. 3) [9–13]. Они позволяют при соответствующем режиме работы создавать в верхнем бьефе гидроузла мощное управляемое рыбоотводящее течение, способствующее свободному и безопасному скату молоди рыб в нижний бьеф [15]. Оценить величину рыбоотводящего течения можно с помощью полученного путем объединения формул (1)–(3) выражения

$$V_{\text{отв.теч}} = \sqrt{0,5gH - \varphi \frac{V_0^2 d_0^3 b_3^2 n^2}{(h_3 - b_3)^2}}. \quad (4)$$

Кроме того, с целью предупреждения попадания, травмирования, гибели личинок и молоди рыб на водозаборах сами водозаборные сооружения должны быть оборудованы рыбозащитными сооружениями. В настоящее время используют рыбозащитные сооружения различного типа: механические, электрические, звуковые, световые, гидравлические, комбинированные и др. На наш взгляд, из всех типов рыбозащитных сооружений современным требованиям отвечает рыбозащита на основе гидравлических струй. Подобные устройства уже по своей сути сочетают в себе три основные характеристики современного рыбозащитного устройства: предупреждение подхода к источнику опасности, защиту от попадания в водозабор и отвод рыб и молоди в безопасное место рыбохозяйственного водоема [16–18]. К тому же устройства рыбозащиты на основе гидравлических струй экологически более предпочтительны, поскольку используемые в них средства защиты – водные потоки – являются для рыб естественной средой обитания.

Комплексное применение рассмотренных в статье мероприятий по организации систем искусственных нерестилищ, созданию рыбоходно-нерестовых каналов и искусственных рыбоводных предприятий, восстановлению миграционных путей движения рыб, формированию водных коридоров для привлечения и проводки рыб и ее молоди по акватории водохранилищ, а также обеспечение защиты рыб от попадания в водозаборные сооружения позволит численно поддерживать популяции проходных и полупроходных рыб на уровне, достаточном не только для их выживания, но и для интенсивного освоения водохранилищ гидроэнергетического или иного назначения. Кроме того, предложенная конструкция регулятора расхода воды дает возможность существенным образом повысить эффективность работы устройств и гидротехнических объектов, составляющих рыбоохраный комплекс гидроузла. Лежащая в основе работы регулятора расхода воды технология использования гидравлических струй, сохраняя естественность условий обитания рыб, позволяет реализовать следующее:

- устранить главный недостаток работы классических рыбоходов – зависимость скорости транзитного (привлекающего рыбу) течения по длине рыбоходного тракта от величины колебаний уровней бьефов гидроузла;
- назначать величину скорости транзитного течения по длине рыбоходного тракта в зависимости от вида движущейся по рыбоходу рыбы;
- создавать условия на входе в рыбопропускное сооружение, соответствующие биологическим особенностям привлекаемых рыб;
- организовать рыбоходно-нерестовые каналы не только на низконапорных плотинах, но и на гидроузлах со средним напором;
- сформировать благоприятные условия выпуска рыб из рыбопропускного сооружения в верхний бьеф гидроузла;
- использовать с высокой эффективностью рыбоходные сооружения для пропуска покатников в нижний бьеф гидроузла;
- применять для обводнений или поддержания оптимальных уровней воды на нерестилищах при минимальных энергетических затратах;
- использовать в рыбозащитных и рыбонаправляющих устройствах при формировании водных коридоров для привлечения и проводки рыб и ее молоди по акватории водохранилищ за счет создания управляемых рыбоотводящих течений.

Таким образом, предлагаемый выше комплекс инновационных технических устройств и технологий позволяет восстановить естественное воспроизводство рыб на зарегулированных реках, а так же обеспечить их безопасность при эксплуатации гидротехнических объектов различного назначения с соблюдением всех экологических требований охраны природы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлов Д.С., Савваитова К.А., Соколов Л.И., Алексеев С.С. Редкие и исчезающие животные. Рыбы: Справ. пособие. М.: Высш. шк., 1994. 334 с.
2. Методические рекомендации по изготовлению и применению искусственных нерестилищ для рыб СССР / под ред. И.В. Никонорова. М.: ВЦИО, 1985. 132 с.
3. Иванов А.В. Перспективы рыбохозяйственного освоения водохранилищ гидроэнергетического назначения // Гидротехническое строительство. 2007. № 9. С. 23–26.
4. Шабанов В.В., Галямина И.Г., Беглярова Э.С. Комплексное использование и охрана природы. М.: Колос, 1994. 264 с.
5. Жизнь животных: в 7 т. Т. 4. Рыбы / под ред. Т.С. Рассы. М.: Просвещение, 1983. 575 с.
6. СНиП 2.06.07–87 Строительные нормы и правила: Подпорные стены, судходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения.
7. Скоробогатов М.А. Технические средства и технологии пропуска рыб через гидроузлы: дис... д-ра техн. наук. Тверь, 1997. 291 с.
8. Шура В.Н. Рыбопропускные сооружения: В 2-х ч. Новочеркасск: Новочеркасская гос. мелиоративная акад., 1998. 728 с.
9. Введенский О.Г. Использование гидравлических струй для совершенствования технологии работы рыбоходных сооружений // Гидротехническое строительство. 2009. № 1. С. 21–27.
10. Введенский О.Г. Конструкции рыбоходов с противотечением на основе экологической технологии использования гидравлических струй // Инженерная экология. 2010. № 3. С. 17–30.
11. Введенский О.Г. Управление пропуском рыб, идущих на нерест, через высоконапорные гидроузлы // Гидротехническое строительство. 2011. № 1. С. 46–49.
12. Патент 2335600 РФ. Способ привлечения и пропуска рыбы из нижнего бьефа гидроузла в верхний бьеф и рыбоход его осуществляющий / О.Г. Введенский; опубл. 10.10.2008, Бюл. № 28. 12 с.
13. Патент 2337209 РФ. Рыбоход для привлечения и пропуска рыбы из нижнего бьефа гидроузла в верхний бьеф / О.Г. Введенский; опубл. 27.10.2008, Бюл. № 30. 11 с.
14. Патент 2363808 РФ. Способ выпуска рыб из рыбопропускного сооружения и верхней лоток его осуществляющий / О.Г. Введенский; опубл. 10.08.2009, Бюл. № 22. 12 с.
15. Патент 2406801 РФ. Способ пропуска молоди рыб через гидроузел при покатной миграции / О.Г. Введенский; опубл. 20.12.2010, Бюл. № 35. 12 с.
16. Патент 2401357 РФ. Оголовок водозаборного сооружения / О.Г. Введенский; опубл. 10.10.2010, Бюл. № 28. 30 с.
17. Патент 2404323 РФ. Устройство для защиты водозабора от попадания в него рыб и мусора / О.Г. Введенский; опубл. 20.11.2010, Бюл. № 32. 19 с.
18. Патент 2404324 РФ. Способ защиты водозаборного сооружения от попадания в него рыбы и мусора / О.Г. Введенский; опубл. 20.11.2010, Бюл. № 32. 17 с.

**Сведения об авторе:**

Введенский Олег Германович, к. т. н., доцент, заведующий кафедрой прикладной механики, машиноведения и технологии, ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет», 424000, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1; e-mail: vedo.67@mail.ru