

УДК 626.882.628.13

Ю.И. ВДОВИНдоктор технических наук, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения
Тольяттинский государственный университет**И.А. ЛУШКИН**кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения
Тольяттинский государственный университет**Р.К. ХАЛИКОВ**заведующий лабораториями кафедры водоснабжения и водоотведения
Тольяттинский государственный университет**Е.Д. ХЕЦУРИАНИ**кандидат технических наук, доцент кафедры водного хозяйства предприятий и населенных мест
Южно-Российский государственный технический университет (НПИ)**ВОДОЗАБОРЫ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ:
СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ, ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ***WATER INTAKES FROM SURFACE SOURCES: CONDITION, PROBLEMS, TENDENCIES OF DEVELOPMENT*

Проведен анализ проблем водозаборов из поверхностных источников и рыбозащиты на них. Рассмотрены направления их решения, а также тенденции совершенствования водозаборных сооружений. Приведены примеры технологических решений фильтрующих водозаборов. Выявлена необходимость улучшения рыбозащиты и совершенствования конструкций рыбозащитных устройств промышленных и коммунальных водозаборов.

Ключевые слова: водозаборы, рыбозащита, водоснабжение, фильтрующие сооружения, поверхностный источник, рыбозащитные устройства, водоприемники.

В настоящей статье сделана попытка изложить материалы «круглого стола» по проблемам водозаборов из поверхностных источников и рыбозащиты на них, состоявшегося 17-19 февраля 2004 г. в рамках празднования 70-летия ВНИИ ВОДГЕО [1]. Мнениями обменялись А.Ф. Порядин, М.Г. Журба, Ю.И. Вдовин, В.Н. Бубенцов, В.Ф. Горбачев, Н.С. Серпокрылов, Л.Ф. Фесенко и авторы настоящей статьи.

К сожалению, водозаборы, как главенствующие элементы систем промышленного и хозяйственно-питьевого водоснабжения (не только по своему положению, но и по функциональной значимости), перестают входить в тематику важнейших научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ ведущих российских НИИ и вузов. Исследования по водозаборам до 90-х гг. XX в. всегда велись во ВНИИ ВОДГЕО в тесном взаимодействии с проектными институтами: «Союзводоканалпроект», «Гипрокоммунводоканал», «Гидропроект» и другими, а также со специализированными строительными организациями, службами эксплуатации водопроводов. Теоретические и лабораторные исследования явились составной частью конкретных проектов. В дальнейшем они проходили практическую проверку в процессе строительства и эксплуатации, что обеспечивало высокую результативность НИР.

The article analyses the problems of water intakes from surface sources and the issues of fish protection. The trends of solving them as well as the tendencies of developing water intake structures are discussed. The authors give examples of technological concepts of filtering water intakes. The necessity to improve fish protection and to develop constructions of fish protecting devices of industrial and municipal water intakes has been revealed.

Key words: water intakes, fish protection, water supply, filtering structures, surface source, fish protecting devices, water inlets.

Индустриализация страны, строительство крупных промышленных объектов, начиная с первой пятилетки XX в., выдвинули задачу проектирования водозаборов большой (100-200 тыс. м³ и более в сутки) производительности в суровых климатических условиях с обеспечением абсолютной бесперебойности их работы, особенно в металлургических и тепло-энергетических комплексах. Аналогичные задачи решались также и в сфере хозяйственно-питьевого водоснабжения быстро растущих городов.

Предшествующая практика устройства водозаборов (в основном это раструбные или ряжевые оголовки простейшей конструкции или самотечные шпунтовые галереи) оказалась малопримемной.

Высокие темпы строительства в 30-е гг. XX в. привели к необходимости теоретического обоснования инженерных решений по устройству водозаборов, исходя в основном из натуральных исследований негативного воздействия на их работу насосов и шуголедных факторов. Проекты дополнялись (исправлялись) в необходимом порядке уже в процессе эксплуатации: расчистка перекатов, углубление речных русел, строительство струенаправляющих дамб, конструктивное изменение водоприемников и др.

В 50-60-е гг. XX в. были проведены натурные исследования и анализ работы большого количества

первого поколения водозаборов, давшие основу для их последующего совершенствования. Путем лабораторного моделирования были глубоко исследованы технологии водоприема в различных гидрологических условиях, разработаны основы гидравлических расчетов русловых водоприемных оголовков и ковшевых водозаборов. Благодаря этому при ведущей роли НИИ ВОДГЕО в нашей стране впервые была создана научная и инженерная школа проектирования, строительства и эксплуатации водозаборов в различных климатических зонах, включая Крайний Север. Разработаны технические и конструктивные нормативы проектирования, были предложены типовые решения.

Зарегулирование стока рек Волги, Оби, Енисея, Ангары и других в связи с массовым строительством ГЭС привело к постановке новых задач по устройству и эксплуатации водозаборов в условиях изменившихся руслоформирующих процессов, резких перепадов уровней воды, неустановившегося ледового покрова и т.д. Положение нередко усугублялось в связи с дополнительными понижениями уровня в результате выемки больших объемов грунта в нижних бьефах ГЭС для строительных нужд. Многие действующие водозаборы пришлось реконструировать. Увеличилось число водохранилищных и приплотинных водозаборов.

Промышленное освоение Крайнего Севера и связанное с этим строительство водопроводов в условиях вечной мерзлоты диктовало необходимость научного и инженерного поиска способов забора воды в исключительно сложных условиях: малые глубины, перемерзание поверхностного стока, наледи, ледовые заторы и шугозаторы. Связанные с этим задачи в 60-70-е гг. также были успешно решены. Приоритет отечественных ученых и инженеров на этом направлении не подлежит сомнению, как и приоритет в исследовании водозаборов на горных реках.

Водохранилищные водозаборы с многоярусным приемом воды, русловые оголовки с аванкамерами вихревого типа, с фильтрующими съемными кассетами, водоприемники с изменяющимся режимом потока на входе в ковш, самопромывающиеся ковши, новые шугозащитные и рыбозащитные устройства, импульсная промывка оголовков, совмещенный отбор поверхностных и подрусовых вод с искусственным их пополнением (второе поколение водозаборов) – все это можно считать общим вкладом в развитие теории и практики устройства и эксплуатации водозаборов во второй половине прошлого столетия. Очевидна при этом ведущая роль НИИ ВОДГЕО (А.С. Офицеров, А.С. Образовский, А.А. Смирнов и др.), координационного совета по водозаборам и периодически проводимых координационных совещаний.

Рост количества чрезвычайных ситуаций в системах энергетики и водоснабжения в последние годы, поиск неотложных мер по дальнейшему их предотвращению диктуют необходимость инвентаризации и оценки состояния действующих водозаборных сооружений (в первую очередь в системах водоснабжения крупных городов и промышленных объектов), анализа их соответствия действующим

требованиям технической надежности и экологической безопасности с составлением единого реестра водозаборов, что позволяет широко использовать наиболее совершенные способы их модернизации, дальнейшего совершенствования технологии и защиты. Устойчивая тенденция в развитии водопроводов с созданием объединенных систем водоснабжения для нескольких городов и других населенных пунктов дает возможность взаимного резервирования водозаборов с достижением требуемой бесперебойной подачи воды. В числе других особенностей дальнейшего совершенствования технологии водозабора из поверхностных источников следует отметить повышение уровня экологической безопасности и улучшение качества воды непосредственно при ее отборе (водозаборы с тонкослойными модулями, с предварительным отстаиванием и др.)

В системах водоснабжения водозаборные сооружения играют чрезвычайно ответственную роль, ибо ущерб при перебоях подачи воды может многократно превышать стоимость водозаборных сооружений. Водозаборы работают в различных гидрологических условиях, характеризующихся как устойчивостью режима длительное время – «нормальные условия», так и редко повторяющихся – «чрезвычайные условия». Усовершенствование водозаборов тесно связано с полнотой наших знаний о сущности процессов, сочетания которых определяют природно-гидрологические условия забора воды (шуголедовые помехи, обильные водоросли, переформирования русел, пересыхание или перемерзание источников и др.). Чрезвычайные условия работы водозаборов наиболее тяжелы по последствиям, характеризуются неожиданностью, быстротечностью и крупномасштабностью аварийных ситуаций.

Задача усовершенствования водозаборных устройств решается в нескольких взаимосвязанных направлениях [1, 2]. С одной стороны, проектные организации производят отбор решений, показавших длительную успешную работу в натуральных условиях, и на их основе создаются типовые проекты. С другой стороны, условия водоотбора сугубо индивидуальны и необходимы поиски особых типов и конструкций водозаборных устройств, соответствующих условиям их эксплуатации [3, 4].

Важнейшим направлением совершенствования водозаборов из поверхностных источников является четко просматриваемая тенденция преобразования их в водозаборно-очистные сооружения, чаще всего на основе технологий фильтрующего водоприема. Теоретические предпосылки создания таких сооружений разработаны А.А. Суриным, Н.П. Пузыревским, А.С. Образовским и их последователями. На водозаборы возможно возложить функции водоочистки в той или иной мере. Исключительно важна роль фильтрующих водозаборно-очистных сооружений в качестве рыбозащитных устройств. Интересны для практики решения по совместному отбору поверхностных и аллювиальных подрусовых вод водозаборно-очистными сооружениями, особенно важными для водоснабжения в Сибири и на Дальнем Востоке.

Фильтрующие сооружения позволяют комплексно решать задачи изъятия воды из большинства поверхностных источников при минимальном влиянии на сложившийся гидрологический режим, обеспечивая очистку воды от взвесей (сора, планктона, водорослей, наносов и т.д.), защиту от шуголедовых помех и радикально решая рыбозащиту. К настоящему времени фильтрующие водозаборно-очистные сооружения становятся основными в коммунальном и промышленном водоснабжении многих регионов России. Затраты на забор и очистку воды в зависимости от природно-гидрологических условий и требований водопотребления составля-

ют от общих расходов на водоснабжение: 30...40 % – для коммунальных и 50...70 % – для промышленных объектов. Это технологически целесообразно, экономически выгодно и экологически приемлемо для подавляющего большинства потребителей воды в любых природно-климатических и гидрологических условиях технологии фильтрующего водоприема. Эти технологии реализуются в водозаборно-очистных сооружениях и комплексах, совмещающих процессы забора и предочистки воды в русле (акватории) водоисточников (рис. 1), хотя возможных решений известно множество.

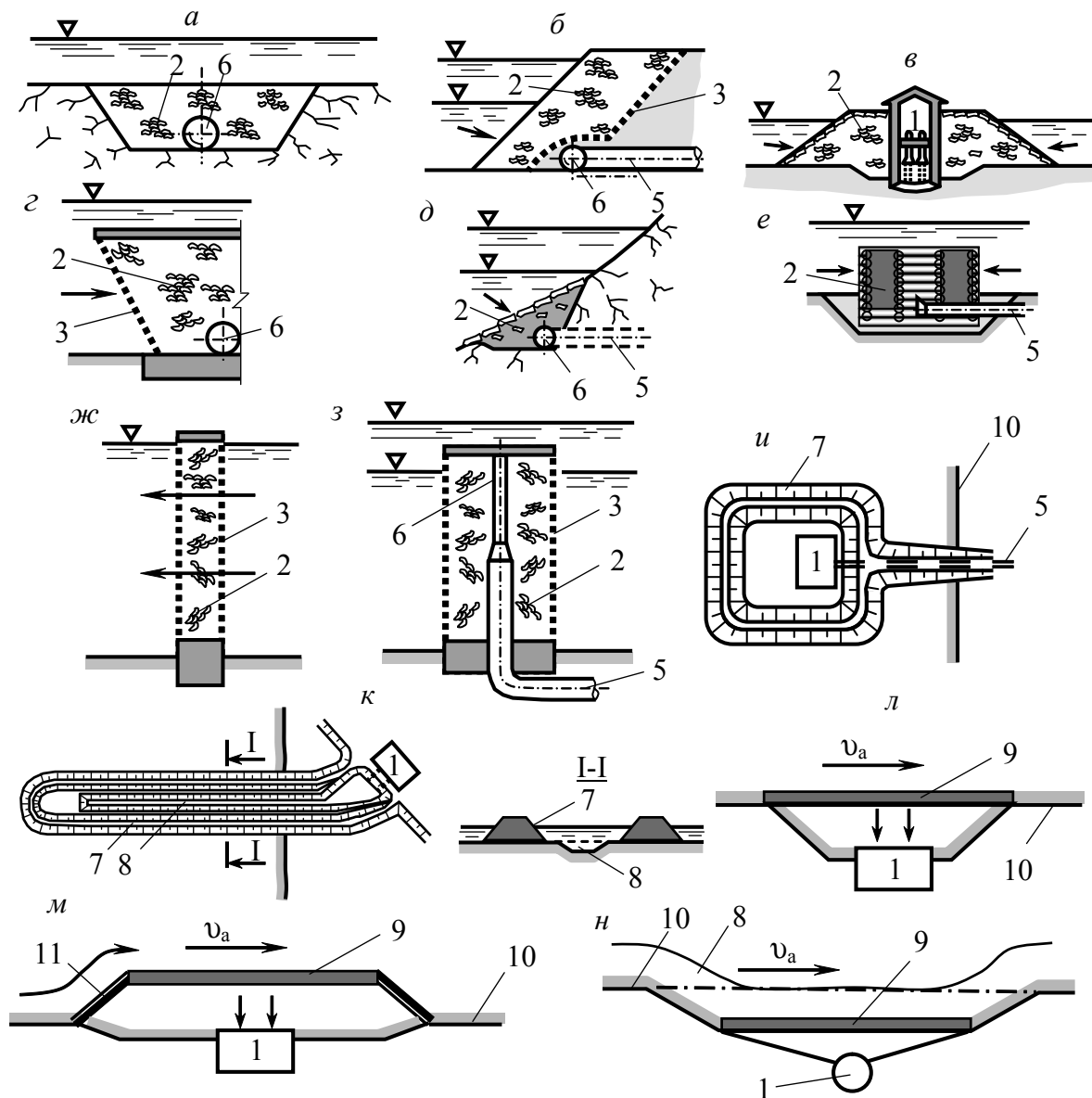


Рис. 1. Примеры технологических решений фильтрующих водозаборов:

- а – подрусовая дрена; б – откос; в – остров; г – уступ; д – береговая дрена; е – ряжевый оголовок; ж – стенка; з – колонна; и – колодец ковшовый; к – замкнутый; л – береговой; м – с регулирующей лобовой гранью; н – с углублением в берег; 1 – береговой колодец; 2 – фильтр; 3 – решетка; 4 – аванкамера; 5 – водоотвод; 6 – дрена; 7 – фильтрующая дамба; 8 – подводящий канал; 9 – ряжевая стенка; 10 – береговая линия; 11 – глухая стенка

Конструктивно-технологической и функциональной основой фильтрующих водозаборно-очистных сооружений являются фильтрующие элементы и конструкции разных типов, обеспечивающие защиту водозаборно-дренажных и водоотводящих устройств водозаборов от возможных помех и неблагоприятных проявлений режима водоисточников и максимальное улучшение качества отбираемой воды. Фильтрующие водозаборно-очистные сооружения реализуются по одной из схем: собственно фильтрующие, инфильтрационно-фильтрующие или комбинированные в зависимости от характера водоисточников, их режима, гидрогеологии долин и пойм, объема водоотбора, требований к качеству воды и др. Фильтрующие элементы и конструкции водозаборно-очистных сооружений выполняются из различных природных и искусственных материалов, разной мощности, крупности, проницаемости, структуры, с различным размещением водоприемного фронта относительно берегов, поверхности, линии дна и русла.

Неслучайна ориентация зарубежных стран преимущественно на создание систем водоснабжения с широким использованием инфильтрационных водо-

заборов, систем искусственного пополнения запасов подземных (подрусловых) вод, каскадов отстойных водохранилищ, аэрации эвтрофированных водоемов и др. [2]. За 70...100 лет было построено и эксплуатировалось более 3200 водозаборов на основе фильтрующих сооружений, доказавших долговечность и надежность с разной эффективностью в самых экстремальных природно-гидрологических условиях. Известны сооружения рассматриваемого типа и для сельскохозяйственного водоснабжения и ирригации.

Для устройства фильтрующих сооружений используются каменная наброска из несортированных материалов, ряжевые конструкции с заполнением камнем, габионные и ряжево-свайные конструкции (рис. 2).

Технологии фильтрующего водоприема по сравнению с традиционными схемами забора и обработки воды обеспечивают снижение стоимости подаваемой потребителям воды от 15...20 % (г. Черновцы, р. Прут; г. Индерск, р. Урал и др.) до 50...70 % (г. Красноярск, р. Енисей; г. Якутск, р. Лена; ГОК «Удачная», р. Саттыкан; г.г. Томмот и Хандыга, р. Алдан и др.). Расширение использования фильтрующего водоприема, переоборудование (реконструкция) открытых водоприемников на филь-

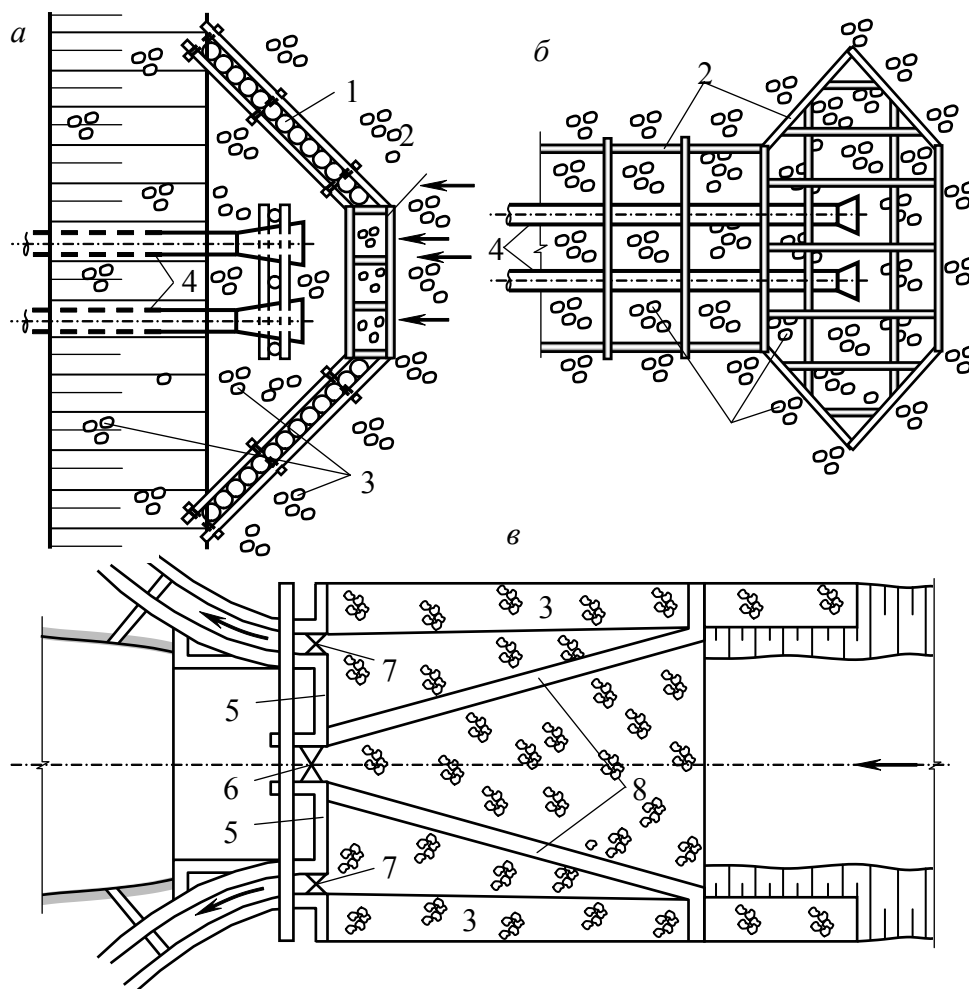


Рис. 2. Примеры фильтрующих водозаборов:

- а – ряжево-свайный фильтрующий водозабор; б – оголовок с водоприемной камерой внутри ряжа;
- в – с габионными дамбами; 1 – свайный ряд; 2 – ряж; 3 – каменная наброска; 4 – самотечные трубы;
- 5 – водосливная плотина; 6 – промывное отверстие; 7 – водоприемники; 8 – дамбы из габионов

трующие водозаборно-очистные сооружения не нуждаются в сложных дорогостоящих работах и не связаны с крупными капиталовложениями, не требуют дефицитного оборудования и материалов.

Неоспоримы очевидные технолого-экологические преимущества технологий фильтрующего водоприема: обеспечивается рыбозащита, сохраняется бытовой режим водоисточников, эффективно используются источники пересыхающие, перемерзающие, меандрирующие, с интенсивно переформирующимися руслами. Массовое развитие водорослей в водоисточниках вызывает перегрузку очистных сооружений, увеличивает скорости фильтрации, снижает его эффективность, кольматацию фильтров, нарушает хлопьеобразование, сокращает фильтроциклы при увеличении времени и интенсивности промывок; повышает расход реагентов, промывной воды, электроэнергии, объем осадков и др. При хлорировании воды, содержащей водоросли, образуются высокотоксичные хлороформы.

В практике водоснабжения в России многие десятилетия успешно эксплуатировались фильтрующие водоприемники, построенные по рекомендациям (часто – под руководством) ведущих специалистов по водоснабжению в период 1870...1930 гг. (Н.В. Мошков, И.П. Борзов, М.А. Черепашинский, А.К. Енц, А.Н. Житкевич, А.А. Сурин и др.). Водоприемники имели обсыпку фильтрующим материалом (гравием, галькой, щебнем, крупнозернистым песком). В последние 20...30 лет фильтрующий водоприем нашел широкое распространение в практике водоснабжения, хотя необходимы комплексные научно-производственные исследования по разработке и совершенствованию водозаборно-очистных фильтрующих сооружений в разных регионах России.

Особо актуальна проблема рыбозащиты на водозаборах. Улучшение рыбозащиты и совершенствование конструкций рыбозащитных устройств (РЗУ) требуют от 23 до 42 тыс. промышленных и коммунальных водозаборов РФ [5]. Лишь малая часть водозаборов России оснащена различными РЗУ.

Задача любого водозабора из поверхностных источников – бесперебойно при любых сочетаниях помех (шуга, взвесь, планктон и др.) подать потребителям требуемые расходы воды. Одновременно водозабор должен быть рыбозащитным сооружением. Рыбозащита на водозаборах достигается соответствующей конструкцией водоприемников (инфильтрационные, фильтрующие, ковшовые и т.д.), оборудованием их различными РЗУ либо созданием рыбозащитных сооружений в составе водозаборных узлов [5]. РЗУ не должны осложнять эксплуатацию водозаборов; быть простыми и функциональными по конструкции, автоматически действовать; быть экономичными и безопасными для молоди рыб, особенно с длиной тела $l \leq 5-10$ мм; соответствовать режиму водоисточников и др. Эффективность рыбозащиты на водозаборах должна определяться количеством недопущенной в них молоди рыб при водоотборе. Указания СНиПа и практика проектирования водозаборов, их оснащения и эксплуатации РЗУ не способствуют сохранению молоди рыб и не обеспечивают действенной защиты их даже в пределах заявляемой эффективности в 60%. Конструктивные решения РЗУ водозаборов на основе сеточных полотен разных конфигураций с рыбоотводами [3, 4] не учитывают особенностей поведения молоди рыб, не позволяют проявлять реакцию на преграду, реореакцию, плавательную способность и др. На подходе к сеточным РЗУ молодь рыб (особенно с $l \leq 5-10$ мм) по существу превращается в разновидность мусора, ибо плавательная способность её несопоставима со скоростями потоков в подводящих каналах, перед сеточными полотнами и в рыбоотводах. Потерявшая плавательную способность молодь рыб, лишенная возможности проявлять спасающие ее защитные реакции, неизбежно превращается в разновидность мусора. Перед сеточными РЗУ любых типов молодь рыб смешивается с мусором (листьями, планктоном, взвесью и др.), образуя органоминеральную смесь, и со скоростями более 0,5 м/с поступает в рыбоотводы и погибает еще до эвакуации ее в водоем.

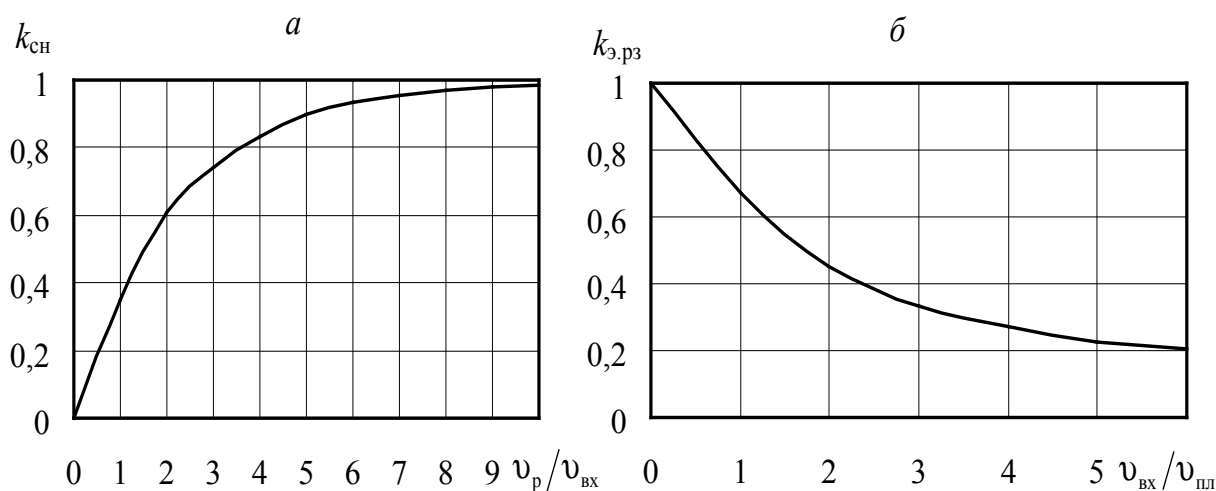


Рис. 3. Зависимость коэффициента снижения вовлекаемости взвеси из речного потока $k_{сн}$ от соотношения $v_p/v_{вх}$: а - при $v_{вх} = 0,1$ м/с и коэффициента эффективности рыбозащиты $k_{э,рз}$ от $v_{вх}/v_{плл}$; б - при $v_{плл} = 0,1$ м/с

Достоверных сведений о жизнеспособности и выживаемости молоди рыб, прошедшей рыбоотводы, нет [5]. К тому же нельзя согласиться с принятыми приемами и методиками моделирования ихтиолого-инженерных систем, ибо нельзя получить достоверных для инженерной практики результатов моделирования взаимодействия рыб и их молоди с конструкциями РЗУ и водозаборами в лабораториях. Эти исследования возможны только в натуре с обеспечением рыбам (их молоди) свободного ухода из области питания водозабора и отхода от водоприемных поверхностей. Компоновка водозаборов с подводными каналами исключительно губительна для рыб и их молоди. Любая сеточная конструкция РЗУ быстро забивается мусором, водорослями и прочим, плохо очищается и промывается. Увеличение $v_{вх}$ в сетки и вовлечение молоди рыб к сеткам делают абсурдной саму идею рыбозащиты. В результате комплексных многолетних экспериментальных и натурно-производственных исследований водозаборов в разных регионах страны (до 1984 г. под руководством А.С. Образовского [2]) установлено, что главными факторами, определяющими вовлекаемость в речные водоприемники молоди рыб (как и мусора, шуги, водорослей и др.), являются: 1 – соотношения скоростей речного потока v_p и скоростей втекания отбираемой в водоприемник воды $v_{вх}$; 2 – соотношения скоростей входа воды в водоприемник $v_{вх}$ и скоростей плавания защищаемой молоди рыб $v_{пл}$. Водоочистная, шуго- и мусорозащитная способность любого типа водоприемников возрастает по мере увеличения значений соотношений $v_p/v_{вх}$ и, видимо, близка к 100 % на инфильтрационных водозаборах (рис. 3, а). Эффективность рыбозащиты на водоприемниках тем выше, чем меньше значения соотношений $v_p/v_{пл}$ (рис. 3, б) при снижении значений $v_{вх}$ до значений $v_{пл}$ самых мелких особей ($l \leq 5-10$ мм) рыб, имеющих $v_{пл} \leq 0,1$ м/с.

Минимизировать ущерб ихтиофауне при отборе воды возможно, если обязательно учитывать, что рыбы и их молодь по существу: а) организмы, чутко реагирующие поведенческими реакциями на обширный спектр раздражений, создаваемых водозаборами, РЗУ и т.д.; б) сообщества множества видов разноразмерных разновидов особей с особым пространственно-временным распределением их в воде; в) биологические объекты с дискретностью, размерами, плотностью, присущими каждому виду и каждой стадии онтогенеза, особенностями взаимодействия с водными массами источников и т.д. В практике забора воды и в рыбозащите все значительнее становится роль технологий фильтрующего водоприема [1, 2]. По рыбозащитным свойствам, экологической обоснованности, универсальности применения, технической реализуемости и простоте конструкций и эксплуатации фильтрующие водозаборно-очистные сооружения многократно превосходят сеточные РЗУ и конкурентоспособны с пневмобарьерами (ПБ) и воздушно-пузырьковыми завесами (ВПЗ). Поверхности водоприемных фильтров (рыбозащитных поверхностей) воспринимаются рыбами, начиная с послеличиночного развития, локационно непрони-

цаемыми. Это обстоятельство установил и доказал А.С.Образовский. Но многие специалисты по РЗУ, особенно по сеточным конструкциям, этот важнейший для сохранения молоди рыб факт замалчивают и не учитывают. Локационная непроницаемость фильтрующих РЗУ – одно из важнейших функциональных преимуществ по сравнению с рыбозащитными решетками, сетками, электрорыбозаградителями и др. На основе анализа отечественных и зарубежных данных мы получили обобщающую диаграмму относительных скоростей плавания 14 видов наиболее распространенных рыб, обитающих во внутренних и прибрежных водах России (для средних размеров взрослых особей $l \leq 20$ мм). Для крупных особей рыб предлагаемые нормативами по проектированию РЗУ скорости $v_{вх}$ или $v_{вт}$ в водоприемники не представляют угрозы при изъятии воды, а для объекта рыбозащиты (молодь и личинки с $l \leq 20$ мм) реальна угроза их гибели. Взрослые особи безопасно отходят из зоны водоотбора при больших $v_{вх}$ чем это рекомендуют СНиПы.

Нормируемые СНиПами значения $v_{вх}$ показывают, что основная часть всех видов личинок и молоди с $l = 10...20$ мм оказывается вовлеченной в водозаборный поток независимо от типа и конструкций любых РЗУ, ибо на ранних стадиях развития (личинка, молодь с малыми l) они не способны уйти из зоны водоотбора, превращаясь в разновидность мусора или взвеси планктона и его хлопьев. При этом неважно, каковы крупность материала фильтрующих элементов, тип и конструкция водоприемников, характер их расположения в источнике относительно поверхности, линии берегов и дна. При выборе $v_{вх}$ для обеспечения рыбозащиты мы предлагаем руководствоваться значениями скоростей плавания молоди рыб $v_{пл}$, что позволит ей беспрепятственно отходить от фронта водозабора, при этом верхний предел $v_{вх} \leq 0,1$ м/с. Это важно и для создания водозаборно-очистных сооружений на основе фильтрующего водоприема.

Безусловно, конструкции водоприемников, место их расположения в источниках, ориентация водоприемных поверхностей относительно дна, берегов и поверхности, технология водоприема (открытый, фильтрующий и пр.), направления водоотбора, характер и тип РЗУ, особенности загрязненности и режима водоисточников, а также ряд других факторов определяют рыбозащитные, водоочистные, мусоро- и шугозащитные показатели водозаборов в конкретных гидрологических и ихтиологических условиях водоисточников. Ясно, что рекомендуемые СНиП 2.04.02-84 и СНиП 2.06.07-87 нормативные значения $v_{вх}$ в 2...6 и более раз завышены по сравнению с действительно безопасными для молоди рыб $v_{пл} \leq 0,1$ м/с.

Исследования показали, что наиболее оптимально обеспечивают удовлетворение всевозможных сочетаний требований к водоприемникам и РЗУ (биологических, конструктивно-гидравлических, эксплуатационно-технологических и экономических) – фильтрующие водоприемники. Безопасную для рыб скорость $v_{вх}$ в водоприемник (даже для личинок и мелкой, с $l \leq 10$ мм, молоди) наиболее реально обеспечивают фильтры водоприемников с $v_{вх} \leq v_{пл}$. Другими словами, безопасный для рыб режим во-

доприема создает рыбозащиту гарантированно для основной массы молоди и личинок в любых ихтиоусловиях и в любые периоды онтогенеза, если обеспечиваются скорости втекания в водозабор, включая и фильтры, $v_{\text{вк}} \leq 0,1$ м/с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сб. докладов «Водоснабжение, водоотведение, гидротехника, инженерная гидроэкология»: К 70-летию ФГУП «НИИ ВОДГЕО» [Текст]. – М., 2004.
2. Образовский, А.С. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников [Текст] / А.С. Образовский, Н.В. Ереснов, и др. – М.: Стройиздат, 1976. – 368 с.
3. Журба, М.Г. Водозаборно-очистные сооружения и устройства [Текст] / М.Г. Журба, Ю.И. Вдовин, и др. – М.: Изд-во «Астрель», 2003. – 569 с.
4. Образовский, А.С. Гидравлика водоприемных ковшей [Текст] / А.С. Образовский. – М.: Госстройиздат, 1962. – 186 с.
5. Лушкин, И.А. Исследования фильтрующего водоприема из источников с обильной водной растительностью [Текст]: дис. ...канд. техн. наук / И.А. Лушкин. – Пенза, 1999. – 192 с.

© Вдовин Ю.И., Лушкин И.А.,
Халиков Р.К., Хецуриани Е.Д., 2011