

ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЕ ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ

В ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ в связи с ростом водопотребления в промышленности и сельском хозяйстве, широким применением удобрений, пестицидов стали нередкими случаи ухудшения качества воды в рыбоводных прудах, приводящие к снижению продуктивности водоемов и даже к гибели рыбы.

Важный резерв для водоснабжения прудов — подземные источники. В отличие от поверхностной воды подземная, как правило, не содержит ядохимикатов, стерильна в отношении инфекционных и инвазионных заболеваний рыб. Температура ее в течение всего года составляет в центральных районах нашей страны в среднем 8—10°, что позволяет летом использовать артезианскую воду для охлаждения, а зимой для повышения температуры поверхностной воды, поступающей в рыбоводные сооружения.

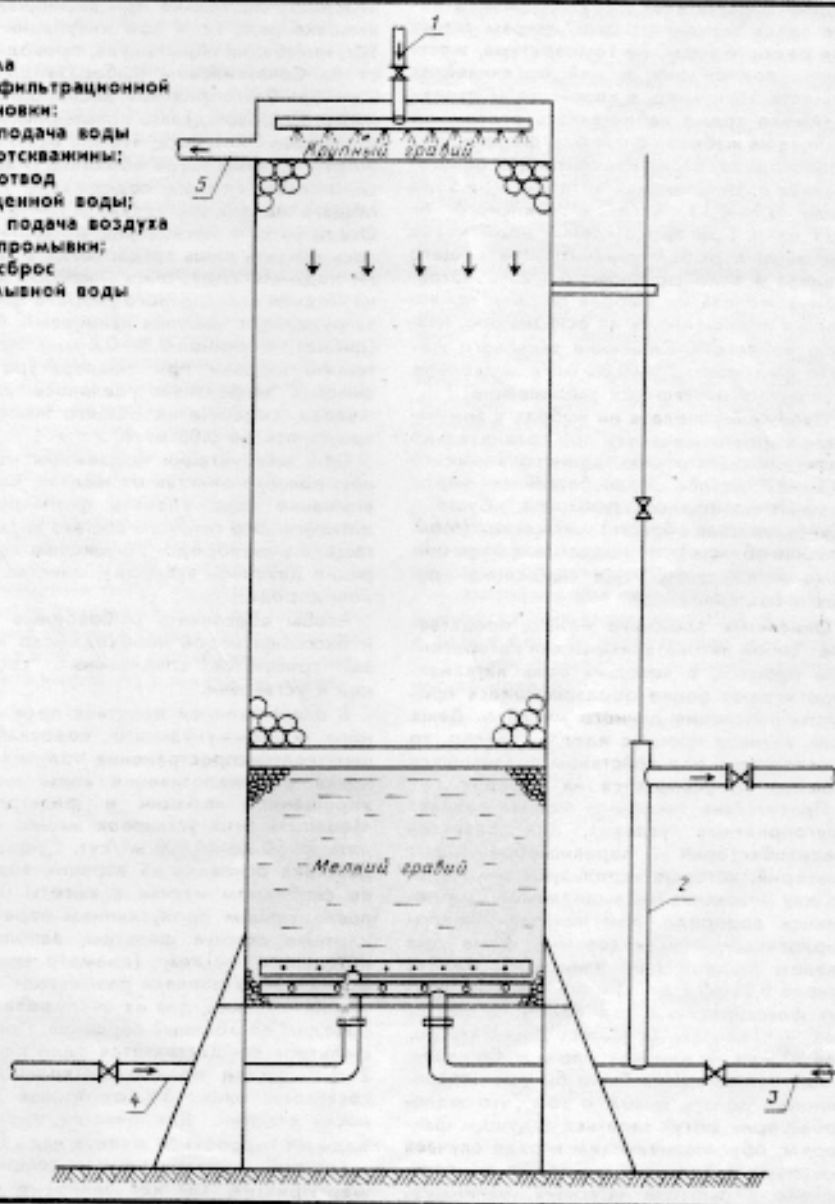
Применение подземной воды в рыбоводстве — не такая простая задача, как кажется на первый взгляд. Поступающая

из-под земли вода может содержать ионы закисного железа и других металлов, фтор, сероводород, в ней нет кислорода, однако много двуоксида углерода и иных газов. При подъеме ее на поверхность из-за понижения давления и повышения температуры снижается растворимость газов и они выделяются из воды в виде пузырьков. Поддача такой воды в рыбоводные пруды и бассейны без предварительной обработки может вызвать гибель рыб от газопузырькового заболевания.

Одна из главных трудностей, возникающих при использовании подземной воды в рыбоводстве, вызвана присутствием в ней закисного железа. Ввиду того, что не менее 1/4 артезианских скважин в центральных районах и более 1/3 в Сибири и на Дальнем Востоке дают воду с содержанием железа 1 мг/л и выше, обезжелезивание подземной воды является первоочередной задачей при подготовке ее для выращивания рыбы. В нашей стране уже накоплен опыт использования арте-

Схема аэрофильтрационной установки:

- 1 — подача воды из артезианной;
- 2 — отвод очищенной воды;
- 3 — подача воздуха для промывки;
- 4 — сброс промывной воды



зиданской воды в рыбоводстве. Например, в подмосковном форелевом хозяйстве «Сходня» уже 7 лет успешно эксплуатируется система оборотного водоснабжения, работающая на такой воде. При этом одной из основных проблем была очистка ее от железа.

В настоящее время в литературе приводятся противоречивые сведения о допустимом содержании железа в воде рыбохозяйственных водоемов. Например, в работе В. Метелева и др. (1971) имеются данные о том, что сульфат двухвалентного железа в концентрации 5 мг/л не оказывает воздействия на форель в течение 50 дней. В то же время, по мнению В. Лавровского (1976), закисное железо представляет опасность для форели в концентрации уже 0,1 мг/л. Имеются данные о гибели карасей, вьюнов, мененосцев при концентрации железа 0,2 мг/л (Минкина, 1949). В других работах токсическое действие железа на леща и карпа отмечалось при концентрации 6,4 мг/л.

Считается установленным, что вредное действие железа связано с осаждением его гидроокиси на жаберных лепестках, на икре рыб, при этом нарушается газообмен, и они гибнут от удушья. На наш взгляд, основную роль в развитии патологического процесса играет то, в какой форме присутствует в воде железо. Многие здесь зависят от того, каковы активная реакция воды, ее температура, жесткость, содержание в ней органических веществ. Например, в хозяйстве «Сходня» в зимнее время наблюдалось отложение железа на жабрах сеголетков форели. Это происходило, когда концентрация общего железа в поступающей артезианской воде была 0,9—0,13 мг/л, а закисного — 0,23 мг/л. При прохождении воды через бассейны с рыбой концентрация общего железа в воде снижалась на 23%. Отложение железа на жабрах форели приводило к повышенному их ослизнению, некрозу лепестков. Снижение закисного железа до уровня 0,1—0,05 мг/л позволило прекратить начавшееся заболевание.

Отложение железа на жабрах у зимующего карпа отмечалось при сравнительно низких концентрациях данного элемента (0,1—0,2 мг/л Fe⁺⁺) в бассейнах зимовальных комплексов рыбхозов «Сускан» (Куйбышевская область) и «Желкан» (Московская область), где подземные воды широко используются для снабжения прудов и бассейнов.

Окисление закисного железа представляет собой автокаталитический гетерогенный процесс, в котором роль катализатора играют ранее образовавшиеся продукты окисления данного металла. Даже если вначале процесс идет медленно, то впоследствии под действием появившихся окислов он ускоряется на порядок.

Присутствие закисного железа создает благоприятные условия для развития железобактерий — перекисиобразующих бактерий, которые используют это железо для детоксикации выделяемой ими перекиси водорода. Как показали микробиологические исследования, даже при низком содержании закисного железа (около 0,05—0,1 мг/л) и при наличии других благоприятных для бактерий факторов, численность их может достигать более 90 млн. на единицу массы жабр карпа. В настоящее время было бы преждевременным делать вывод о том, что железобактерии могут являться ведущим фактором, обуславливающим в ряде случаев массовую гибель рыб во время зимовки, однако в рыбхозе «Сускан», например,

была выявлена зависимость между численностью железобактерий на жабрах и отходом рыб, зимующих в бассейнах.

Выполненные гидрохимические и микробиологические исследования позволили установить, что в зимовальных бассейнах могут создаваться условия, способствующие накоплению железа в придонном слое воды. Так, концентрация общего железа в этом слое в бассейнах зимовального комплекса в рыбхозе «Сускан» уже в начале зимовки в 1980 г. составляла 0,67 мг/л, тогда как в поступающей воде железа содержалось 0,35 мг/л. В придонном слое происходило также увеличение численности перекисиобразующих бактерий с 92,8 тыс./мл на входе до 341 тыс./мл, то есть в 3,7 раза. В то же время в прудах, где вода фильтруется, прохода через дамбу, концентрация железа и перекисиобразующих железобактерий резко возросла в верхнем слое грунта (более 50 мг/л железа и 2190 тыс. бактерий/мл), но не в самой воде, в которой содержание данного элемента и количество бактерий увеличивалось незначительно.

Эксплуатация зимовальных бассейнов комплексов требует более серьезной подготовки и прежде всего очистки подземных вод от закисных соединений железа.

Железо подземных вод представляет опасность не только при выращивании и зимовке рыб, но и при инкубации икры. Так, инкубация икры омуля, проводившаяся на Селенгинском рыбозаводном заводе при благоприятном кислородном режиме, сопровождалась повышенным отходом икры. Оказалось, что это было вызвано отложением на ее оболочке гидроокиси железа, причем содержание в воде общего железа составляло 0,35—0,5 мг/л. Отход икры в нескольких аппаратах удалось снизить лишь тогда, когда в них стали подавать воду, очищенную от железа на модели стандартного быстрого фильтра, загруженного мелким кварцевым песком (диаметр песчинок 0,3—0,8 мм). На испытанной модели при температуре воды около 0° эффективно удалялось закисное железо, содержание общего железа сокращалось до 0,05 мг/л.

При эксплуатации подземных источников, помимо очистки от железа, большое внимание надо уделять формированию оптимального газового состава воды: обогащению кислородом, снижению концентрации двуокиси углерода, очистке от сероводорода.

Чтобы обеспечить рыбоводные пруды и бассейны водой необходимого качества, требуются специальные сооружения и установки.

В отечественной практике промышленного и коммунального водоснабжения широкое распространение получили установки обезжелезивания воды методом упрощенной аэрации и фильтрования. Мощность этих установок может составлять от 50 до 40 000 м³/сут. Сущность их действия основана на аэрации воды при ее свободном излиянии с высоты 0,5 м с последующим пропусканием через стандартные скорые фильтры, заполненные кварцевым песком (диаметр песчинок 0,5—2 мм). Установки размещают в капитальном здании, для их обслуживания необходим постоянный персонал. Промывка фильтров осуществляется один раз в 1—2 сут. Расход промывной воды обычно составляет около 3% от производительности станции. Для очистки промывной воды от гидроокиси железа надо предусматривать дополнительные специальные мероприятия, так как залповые сбросы

промывных вод в канализацию или естественные водоемы недопустимы.

ВНИИ ВОДГЕО для целей рыбоводства разработал установку обезжелезивания воды методом аэрофильтрации (авторское свидетельство № 590262). Успешные производственные испытания этой установки были проведены в 1981—1982 гг. в рыбхозе «Банга» Латвийской ССР. Установка обеспечила стабильное снижение концентрации общего железа в артезианской воде с 3 мг/л до 0,1 мг/л, при этом закисное железо присутствовало в очищенной воде лишь в виде следов. Одновременно с обезжелезиванием в установке происходит интенсивная аэрация воды, и содержание растворенного кислорода возрастает с 0 до 10 мг/л и более. Обеспечивается также снижение на одну треть концентрации двуокиси углерода.

Установка (см. рисунок) представляет собой металлическую трубу диаметром 1,4 м и длиной около 5 м, установленную вертикально и заполненную гравием. Вода из артезианских скважин подается в трубу сверху, равномерно разбрызгивается по всей площади ее сечения и стекает тонкой пленкой по крупному, а затем мелкому гравию.

Железо выделяется на зернах гравия в виде ферригидрата (2,5 Fe₂O₃ · 4,5 H₂O) — мелкокристаллического осадка влажностью около 80%, в то время как в типовых установках образуется аморфный осадок влажностью 98%. Таким образом, объем осадка в аэрофильтрационных установках значительно меньше. Для обслуживания установки не требуется постоянного присутствия персонала. Эксплуатация заключается в ежемесячной промывке гравия водой при одновременной продувке ее воздухом. Для подачи воздуха используется передвижной компрессор марки ЗИФ 1-55 в. Установка может располагаться в неутепленном помещении. По сравнению с типовыми системами предложенная установка имеет следующие преимущества.

Не требуется постоянно присутствующего персонала. Не нужно капитального здания, его отопления, освещения.

Расход промывной воды снижен в 10 раз. Значительно увеличена продолжительность фильтроцикла.

Конструктивные параметры установки и возможность ее применения определяются на основании физико-химических показателей качества воды и результатов модельных испытаний.

Выбор метода обезжелезивания воды для рыбоводных хозяйств — важная задача. В соответствии с действующими нормативными документами (СНиП—11—31—74) выбор метода очистки воды от железа должен проводиться на основании технологических исследований непосредственно на воде конкретных источников. Так как исчерпывающая характеристика физико-химических свойств воды обычно отсутствует и требованию к ней при использовании для рыбоводства также нельзя считать окончательно установленными, по нашему мнению, качество ее очистки при технологическом анализе должно контролироваться не только химическими методами, но и обязательной постановкой биопробы.

Н. БЕЛКОВСКИЙ,
кандидат биологических наук
ЦЛИС Мирибхоза РСФСР
Г. АСС,
кандидат технических наук
ВНИИ ВОДГЕО