

АНАЛИЗ ВОДЫ В ИСТОЧНИКАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

НАДЕЖНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ РАБОТЫ рыбоводных хозяйств в большой степени зависит от качества воды в источнике водоснабжения. Растворенные в воде вещества могут в сильной степени влиять на продуктивность водоемов и оказывают действие на физиологическое состояние рыб, особенно при увеличении плотности посадки и температуры воды.

Для поддержания необходимого уровня осмотически активных веществ в своем теле рыбы расходуется значительную энергию. Изменения солевого состава воды вынуждают рыб тратить дополнительную энергию на адаптацию и поддержание осмотического равновесия, что отрицательно сказывается на росте и оплодотворении.

Рыбы способны усваивать из воды ионы натрия, калия, кальция, железа, серы, фосфора, двуокись углерода и многие другие элементы и соединения, необходимые для нормальной жизнедеятельности. Основное количество кальция проникает в организм рыб из воды через жабры, при этом до 94 % Ca может быть получено из воды (Сорвачев, 1982). Полагают, что для смешанных популяций рыб оптимальная жесткость воды — около 2 мг·экв/л (Ведемейер, Мейер, Смит, 1981).

При анализе показателей качества воды необходимо знать не только общую жесткость, но и соотношение ионов кальция и магния. Например, при содержании в воде кальция 30, 50 и 150 мг/л и постоянном уровне магния (13,5 мг/л) максимальный темп роста молоди осетра отмечался при концентрации кальция 50 мг/л (соотношение Ca:Mg=3,7:1). Изменение данного соотношения в любую сторону замедляет рост рыб (Богоявленская, 1959).

Определенный интерес представляют также данные о содержании в воде калия и натрия. Известно, что у животных деятельность нервной системы зависит от изменения проницаемости мембран нервных клеток для калия и натрия. От концентрации последних внутри и снаружи клетки зависит величина мембранного потенциала покоя и действия. Если калий рыба обычно в достаточном количестве получает с пищей, то содержание натрия в плазме крови у пресноводных видов рыб в значительной степени связано с его концентрацией в источнике водоснабжения (Иванова, Лавриненко, 1981).

Ясно, что приведенные примеры далеко не исчерпывают всего многообразия связей физиологических процессов, протекающих в организме рыб, с солевым составом воды.

Анализ показателей качества воды источника водоснабжения с учетом современных данных по физиологии рыб — неременное условие при проектировании рыбоводных хозяйств и их эксплуатации. Вместе с тем даже в передовых хозяйствах нередко ограничиваются определением содержания растворенного в воде кислорода, pH, CO₂ и гораздо реже исследуют ее солевой состав.

Оценивать качество воды должны на основании достоверных данных, объективно характеризующих гидрохимический режим. Обычно при выборе источника водоснабжения приходится использовать результаты анализов, выполненных разными организациями в разное время, а зачастую и различными химическими методами. При этом необходимо учитывать, что качество воды как поверхностных, так и подземных источников не остается постоянным. Например, в артезианских скважинах не-

редко по несколько раз в году меняется содержание железа и сероводорода.

Следует отметить, что при пуске насоса артезианской скважины в работу железо, ранее отложившееся в призабойной зоне этой скважины, может перейти в воду.

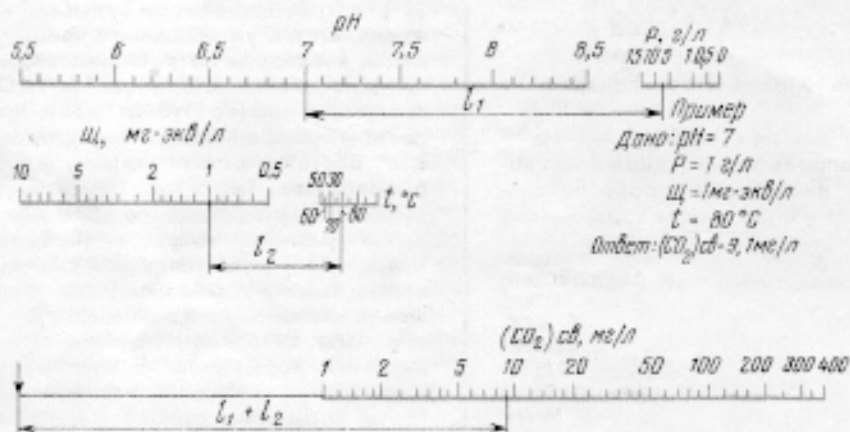
Для того чтобы результаты анализа воды не носили случайный характер, необходимо перед отбором проб откачивать воду из артезианских скважин в течение более чем 24 ч.

Показатели качества воды поверхностных водоемов зависят от количества выпавших осадков, режима водопользования, от естественных гидробиологических и физико-химических процессов. С учетом временной изменчивости (суточная, сезонная, межгодовая) гидрохимические показатели источника водоснабжения не должны выходить за допустимые пределы с вероятностью, например, 95 % для карповых и 99 % для форелевых хозяйств.

Концентрации веществ при гидрохимическом анализе обычно выражают в миллиграммах на литр (мг/л) или миллимолях на литр (ммоль/л). Для проверки результатов химических анализов их приходится пересчитывать в концентрацию, выраженную в миллиграмм-эквивалентах (мг·экв/л), используя для этого коэффициенты пересчета, имеющиеся, например, в таких руководствах, как «Практическое руководство по гидрохимии» Н. С. Строганова и Н. С. Бузиновой (М., 1980).

Проверять результаты анализа начинают с того, что подсчитывают сумму катионов и сумму анионов, которые должны быть равны между собой. Однако ввиду того, что содержание в воде Na⁺ и K⁺ из-за относительно сложной техники анализа обычно не определяется, их концентрацию находят по разности сумм анионов и катионов. Следовательно, проверка равенства сумм анионов и катионов является недостаточной.

Общая жесткость воды (Ж^{общ} мг·экв/л), определяемая аналитически, должна равняться сумме ана-



Номограмма для определения содержания в воде свободного диоксида углерода (CO₂)_{св} или pH: pH — водородный показатель; P — общее солесодержание, г/л; Щ — общая щелочность, мг·экв/л; t — температура, °C; [CO₂]_{св} — содержание свободного диоксида углерода, мг/л. При определении [CO₂]_{св} отрезок между значениями щелочности и температуры (l₁) складывают с отрезком между значениями pH и солесодержания (l₂). Вправо от стрелки на нижней шкале откладывают сумму (l₁+l₂) и читают значение [CO₂]_{св}. При определении pH по известному [CO₂]_{св} из отрезка (l₁+l₂) вычитают l₂, полученный отрезок (l₁) откладывают на верхней шкале влево от значения солесодержания и читают значение pH. Номограмма составлена А. А. Говертом по методу, разработанному Г. С. Хованским.

литически определенного содержания кальция и магния:

$$Ж^{обш} \text{ мг. экв./л} = Ca^{обш} \text{ мг. экв./л} + Mg^{обш} \text{ мг. экв./л}$$

Если $Ж^{обш}$ больше щелочности ($Щ$ мг. экв./л), то

$$[HCO_3^-] \text{ мг. экв./л} = Ж^* - Щ,$$

где $Ж^*$ — карбонатная жесткость. В том случае, когда $Ж^{обш}$ меньше или равна $Щ$, то

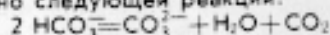
$$Ж^* = Ж^{обш} \text{ и } Ж^{**} = 0,$$

где $Ж^{**}$ — некарбонатная жесткость анализируемой воды.

Проверить результаты анализа можно сравнением экспериментально определенной и рассчитанной по формуле величины сухого остатка.

Экспериментально определенный сухой остаток получается при выпаривании определенного объема воды, предварительно профильтрованной через бумажный фильтр, с последующим высушиванием осадка до постоянного веса при температуре 105° .

При выпаривании сухого остатка бикарбонатный ион разлагается согласно следующей реакции:



В соответствии с этой реакцией величина сухого остатка (СО) должна вычисляться по формуле

$$CO = \sum_{Me=1}^m C_{Me} + \sum_{an=1}^n C_{an} + 1,43 C_{Fe} + C_{SiO_2} + 0,5 C_{HCO_3^-} + C_{орг. прим.}$$

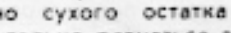
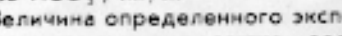
где C_{Me} — концентрация каждого из катионов (за исключением Fe), мг/л;

C_{an} — концентрация каждого из анионов (за исключением SiO_2 , HCO_3^-), мг/л;

C_{Fe} — общее содержание железа (Fe^{2+} и Fe^{3+}), мг/л. Если концентрация железа в результатах анализа дана в виде Fe_2O_3 , то этой величиной в мг/л заменяют слагаемое $1,43 C_{Fe}$;

C_{SiO_2} — концентрация кремнекислоты, мг/л; $C_{HCO_3^-}$ — концентрация ионов HCO_3^- , мг/л.

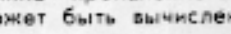
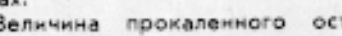
Величина определенного экспериментально сухого остатка должна приблизительно равняться вычисленной по формуле и превышать величину прокаленного остатка. Этот показатель (масса вещества, оставшаяся после прокаливания сухого остатка при температуре 600°) показывает содержание в воде минеральных веществ. При прокаливании происходит сгорание органических веществ, удаляются кристаллизованная вода и двуокись углерода согласно реакциям



В прокаленном остатке содержатся также и недиссоциированные неорганические вещества SiO_2 , Fe_2O_3 , обычно присутствующие в природных водах. Величина прокаленного остатка (ПО) может быть вычислена с учетом изложенного по следующей формуле:

$$ПО = \sum_{Me=1}^m C_{Me} + \sum_{an=1}^n C_{an} + 0,13 C_{HCO_3^-} + 1,43 C_{Fe} + C_{SiO_2}$$

Величина экспериментально определенного прокаленного остатка должна приблизительно равняться вычисленной по формуле и превышать величину прокаленного остатка. Этот показатель (масса вещества, оставшаяся после прокаливания сухого остатка при температуре 600°) показывает содержание в воде минеральных веществ. При прокаливании происходит сгорание органических веществ, удаляются кристаллизованная вода и двуокись углерода согласно реакциям



Величина прокаленного остатка (ПО) может быть вычислена с учетом изложенного по следующей формуле:

$$ПО = \sum_{Me=1}^m C_{Me} + \sum_{an=1}^n C_{an} + 0,13 C_{HCO_3^-} + 1,43 C_{Fe} + C_{SiO_2}$$

Величина экспериментально определенного прокаленного остатка должна приблизительно равняться вычисленной по формуле.

Разница между сухим и прокаленным остатком характеризует содержание в воде органических веществ и в определенной степени коррелирует с окисляемостью и биохимическим потреблением кислорода (БПК).

Как уже отмечалось ранее, содержание K^+ и Na^+ в природных водах может представлять определенный интерес как для рыбоводов, так и для физиологов. Определение концентрации в воде калия и натрия может быть приблизительно рассчитано с помощью следующего уравнения:

$$CO = \sum_{кат} + \sum_{ан} + 1,43 C_{Fe} + C_{SiO_2} + (ПП - 0,361 C_{HCO_3^-}) - 0,508 C_{HCO_3^-} + 23 Na + [(Na + K) - Na] \cdot 39,1,$$

где СО — сухой остаток, мг/л;

$\sum_{кат}$ — концентрация катионов (за исключением K^+ , Na^+ и Fe), мг/л;

$\sum_{ан}$ — концентрация анионов (за исключением SiO_2 , HCO_3^-), мг/л; C_{Fe} — общее содержание железа, мг/л.

Если концентрация окисного железа в результате анализа дана в виде Fe_2O_3 , то этой величиной заменяют слагаемое $1,43 C_{Fe}$;

C_{SiO_2} — концентрация кремнекислоты, мг/л;

$C_{HCO_3^-}$ — концентрация бикарбонатов, мг/л;

ПП — потери при прокаливании сухого остатка, мг/л;

0,508 — доля снижения веса бикарбонатов при определении сухого остатка;

0,361 — доля снижения веса при прокаливании сухого остатка;

23 и 39,1 — эквивалентные веса соответственно натрия и калия;

$0,361 C_{HCO_3^-}$ — органические примеси в сухом остатке, мг/л;

$Na + K$ — суммарное содержание в воде калия и натрия, определенное по разности мг. экв./л.

Из предыдущего уравнения можно получить:

$$Na \text{ мг. экв./л} = \frac{\sum_{ан} + \sum_{кат} + 1,43 C_{Fe} + C_{SiO_2} [ПП - 0,361 C_{HCO_3^-}] - 0,508 C_{HCO_3^-} + 39,1 [Na + K] - CO}{16,1}$$

Далее определяется содержание калия:

$$K \text{ мг. экв./л} = [Na + K] - Na$$

Для определения содержания свободного диоксида углерода по значению pH и щелочности воды можно воспользоваться номограммой.

Н. БЕЛКОВСКИЙ
ЦЛИС
Г. АСС,
А. ГОВЕРТ
ВНИ ВОДГЕО
Н. БАРАНОВСКИЙ
МГМИ