

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РФ
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

РЫБОВОДСТВО

**ПРАКТИКУМ
ЧАСТЬ 3**

ВОДА – СРЕДА ОБИТАНИЯ РЫБ

*УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
для самостоятельной работы студентов
по курсу «Рыбоводство»*

Орёл 2006

Сборник тем для практических занятий по рыбоводству составлен на кафедре частной зоотехнии и биотехнологии ОрёлГАУ с использованием следующих источников:

- Привезенцев Ю.А. Практикум по прудовому рыбоводству. –М.: Высш. шк., 1982. –208 с.
- Саковская В.Г. и др. Практикум по прудовому рыбоводству. –М.: Агропромиздат, 1991. –174 с.
- Докторова И.Н., Козлов В.В., Душкин В.В., Исаева Ю.В. Лабораторный практикум с методическими указаниями по зооигиене...». Ульяновск, УГСХА, 2005, 189 с.
- Сабодаш В.М. Разведение рыбы. – М.: АСТ; Донецк: Сталкер, 2002.

При цитировании материалов из этого сборника просим указывать авторов перечисленных практикумов. Они приведены сразу под заголовками тем занятий.

СОДЕРЖАНИЕ

Вода как среда обитания рыб.....	3
Тема 11. Методы изучения гидрохимического режима водоёмов.....	3
Тема 12. Физические свойства воды и их определение.....	7
Тема 13. Химический состав воды и методы его изучения.....	9
Тема 14. Определение свободной углекислоты, карбонатов и бикарбонатов.....	13
Тема 15. Определение рН воды.....	18
Тема 16. Определение жёсткости воды.....	22
Тема 17. Определение сероводорода, H_2S	23

ВОДА КАК СРЕДА ОБИТАНИЯ РЫБ

[Привезенцев Ю.А. Практикум по прудовому рыбоводству. –М.: Высш. шк., 1982. –208 с.]

Водная среда, физические и химические свойства воды оказывают сильное влияние на обитающие в водоеме водные организмы.

Биологические процессы, протекающие в водоеме, во многом зависят от физических свойств и химического состава воды. Водные организмы, в том числе и рыбы, приспособлены к определенным условиям среды, изменения которой могут существенно отразиться на видовом составе и количественном соотношении между отдельными видами. Химический состав воды и ее физические свойства зависят от биологических процессов, протекающих в водоеме,

Знание химического состава воды, особенностей его формирования имеет серьезное практическое значение при рыбохозяйственном использовании внутренних водоемов.

Особое значение имеют гидрохимические исследования в прудовом рыбоводстве. Возросшая интенсификация рыбоводства, применение в больших масштабах удобрений, а также дополнительные корма оказывают большое влияние на гидрохимический режим прудов. Поэтому результаты работы рыбоводного хозяйства во многом зависят от своевременного и систематического контроля за качеством воды на всех стадиях технологического цикла выращивания рыбы. Рыбовод должен иметь представление о физических и химических свойствах воды, уметь их определять, правильно оценивать биологические процессы, протекающие в водоеме, с тем, чтобы поддерживать гидрохимический режим в оптимальных для рыбоводства пределах.

Тема 11

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ

ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОДОЕМОВ

[Привезенцев Ю.А. Практикум по прудовому рыбоводству. –М.: Высш. шк., 1982. –208 с.]

Объем гидрохимических работ (сроки взятия проб, их количество, число определяемых показателей) зависит от целей исследования.

Во многих случаях регулярный контроль за качеством воды ограничивается определением растворенных газов.

Газовый анализ воды включает определение физических свойств воды (цветности, прозрачности, температуры), растворенного кислорода, углекислоты, активной реакции воды, количества сероводорода. Частота взятия проб на газовый анализ и их количество зависят от категории водоема, его размеров. Так, в нерестовых прудах, а также вы-

ростных и нагульных в наиболее напряженный период (высокие температуры воды, накопление большого количества органики) пробы воды берут ежедневно: при нормальных условиях – раз в декаду, в зимовальных прудах – через 5-7 дней.

Для получения общей характеристики качества воды проводят **краткий общий анализ**, который включает дополнительно к перечисленным в газовом анализе определениям исследование окисляемости, щелочности, карбонатной жесткости и железа,

Более полная оценка качества воды может быть получена на основании проведения **полного общего анализа воды**. Этот тип анализа помимо перечисленных выше определений включает исследование общей жесткости, окисляемости фильтрованной и нефилтрованной воды, альбуминоидного азота, аммиака, нитритов, нитратов, фосфатов, закисного и окисного железа, сульфатов, хлоридов, кальция и магния. Целью специальных исследований могут быть определения металлов и микроэлементов.

Полный гидрохимический анализ на выростных и нагульных прудах проводится 1-2 раза в месяц, на зимовальных прудах – 2-3 раза за сезон эксплуатации.

При проведении гидрохимических исследований особое внимание следует обращать на отбор проб воды. Его следует выполнять, тщательно придерживаясь следующих основных правил:

- проба должна быть отобрана так, чтобы она соответствовала условиям, наблюдающимся в водоеме;
- отбор пробы, ее хранение, транспортировка и обращение с ней должны проводиться так, чтобы не произошло изменений в содержании определяемых компонентов или в свойствах воды;
- объем пробы должен быть достаточным для определения всех намеченных компонентов.

Место для отбора пробы выбирают в соответствии с целью анализа. Вода озер, водохранилищ и больших по площади прудов неоднородна по своему составу, поэтому пробы отбирают на разных участках и с различных глубин. На рыбоводных прудах должны быть определены стационарные точки для взятия проб воды.

На нерестовых прудах это может быть одна точка, на выростных и нагульных в зависимости от площади и конфигурации – обычно 2-4 точки.

При контроле за зимовкой рыбы пробы отбирают в головном пруду, водоподающем канале, в зимовальных прудах в месте подачи воды из канала, и у водоспуска. При небольших глубинах водоема пробы отбираются под поверхностью и у дна (0,2-0,5 м от дна). Если водоем

имеет значительную глубину, то пробы отбирают на стандартных горизонтах: 0,5; 2; 5; 10; 20 м и т. д.

Время взятия проб воды имеет большое значение. Полная характеристика гидрохимического режима может быть получена на основании анализа проб воды, взятых через определенные промежутки времени, в разные сезоны года.

Время суток также нужно принимать во внимание. Связано это с тем, что в летний период содержание биогенных элементов и растворенных в воде газов в течение суток сильно колеблется. Поэтому пробы воды в летнее время желательно брать в утренние часы, когда наблюдается наиболее напряженный газовый режим. Для выявления суточных изменений химического состава воды, главным образом растворенных газов, выполняются так называемые суточные станции, когда пробы на химический анализ отбираются в течение суток с периодичностью 1-3 ч.

Объем пробы зависит от типа анализа. Для газового анализа воды достаточно отобрать 0,5 л воды, для краткого общего анализа потребуется 1 л и для полного общего анализа отбирают 1,5-2,0 л.

Пробы воды для химического анализа отбирают с помощью специальных приборов батометров (рис. 27). Существует несколько конструкций батометров. В основе батометра, изготовляемого из металла или органического стекла, лежит полый цилиндр, снабженный плотно прилегающими крышками. При погружении прибора в воду цилиндр открыт и вода проходит свободно через него. Когда батометр достигает заданной глубины, крышки закрывают и прибор поднимают на поверхность. Из батометра воду переливают в склянки с помощью резинового шланга.

Склянки предварительно должны быть тщательно вымыты, высушены и пронумерованы. Для определения растворенных в воде газов используют склянки с притертыми пробками. Для хранения и транспортировки проб воды на общий анализ применяют также полиэтиленовую посуду.

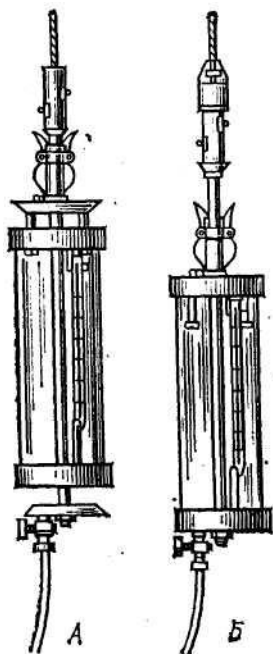


Рис. 27. Батометр:
А — подготовленный к спуску; Б — при подъеме

При отсутствии батометра пробы можно отбирать прямо в бутылку, которую опускают на заданную глубину с помощью специального приспособления, например шеста (рис. 28). Для уменьшения перемешивания пробы воды с воздухом, находящимся в бутылке, в горлышко вставляют пробку с двумя трубочками, одна трубочка доходит почти до дна, другая заканчивается сразу под пробкой, через нее из бутылки выходит воздух.

Пробы воды для определения кислорода помещаются в специальные кислородные склянки и фиксируют сразу же на месте отбора. Одновременно из батометра берется вода для определения CO_2 и pH. После этого отбирается вода на общий анализ.

Если нельзя провести химический анализ воды сразу же или спустя 1-2 ч после отбора, то пробу воды необходимо законсервировать, с тем чтобы избежать изменений в ее химическом составе. Ниже приведены способы консервации проб воды:

Определяемое вещество	Способ консервирования проб воды
Аммиак и аммонийные ионы	2-4 мл хлороформа CHCl_3 на 1 л пробы. Определение проводят в течение 1-2 сут.
Нитриты и нитраты	1 мл концентрированной H_2SO_4 на 1 л пробы или 2-4 мл хлороформа CHCl_3 на 1 л пробы.
Фосфаты	2-4 мл хлороформа CHCl_3 на 1 л пробы. Определение проводят в тот же день.
Железо (общее содержание)	25 мл азотной кислоты HNO_3 на 1 л пробы.
Окисляемость перманганатная	2 мл H_2SO_4 (1:2) на 100 мл пробы. При определении учитывают добавленную кислоту.

Применение консервирующих веществ не полностью предохраняет определяемый компонент от изменения, поэтому и консервированные пробы следует анализировать возможно быстрее (на 1-3-й день после их взятия). Универсального консерванта не существует, поэтому одну пробу отбирают в несколько бутылей и в каждую вносят определенный консервант.

При проведении гидрохимических исследований особое внимание следует обращать на систематическую регистрацию всех этапов работы.

При взятии пробы воды в полевом дневнике следует отмечать дату, номер пруда и станции, глубину, с которой взята проба, номера склянок, температуру и прозрачность воды, а также метеорологические условия в момент взятия пробы. В лаборатории необходимо вести



Рис. 28. Упрощенный батометр: А – бутылка с шестом; Б – то же, с грузилом.

рабочий журнал, где отмечаются данные, приведенные выше, а также все данные, связанные с проведением анализа.

Тема 12 ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

[Привезенцев Ю.А. Практикум по прудовому рыбоводству.–М.: Высш. шк., 1982. –208 с.]

Химическому анализу воды предшествует определение ее физических свойств: температуры, прозрачности, цвета.

Температура воды – один из наиболее важных экологических факторов. Температура воздействует на распределение гидробионтов в водоемах и на скорость протекания различных жизненных процессов (интенсивность обмена веществ, скорость полового созревания, темп роста и т. д.). С учетом температурного режима водоема определяются и наиболее подходящие для выращивания виды рыб. Так, теплолюбивые виды рыб, такие, как карп, белый амур, буффало, наиболее интенсивно питаются и хорошо растут при температуре 23-30 °С. При снижении температуры воды до 18-14 °С интенсивность питания падает, а при температуре ниже 4 °С эти рыбы почти не питаются.

Повышение температуры в водоеме выше 32°С вызывает снижение аппетита, ухудшение условий дыхания у рыбы, так как потребность в кислороде у них растет.

Температура определяет растворимость газов в воде.

Термальный режим воды значительно устойчивее, чем воздуха, что связано с большой удельной теплоемкостью воды. В прудах температура воды изменяется в зависимости от времени года, климатических условий, времени суток.

Температуру воды измеряют специальными термометрами с делениями 0,1-0,2 °С (рис. 29). Термометр (в металлической оправе с чашечкой) крепят на размеченном тросике и опускают на определенную глубину на 5 мин, затем поднимают на поверхность и определяют температуру.

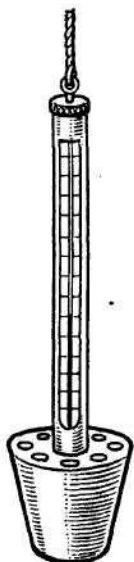


Рис. 29. Водный термометр

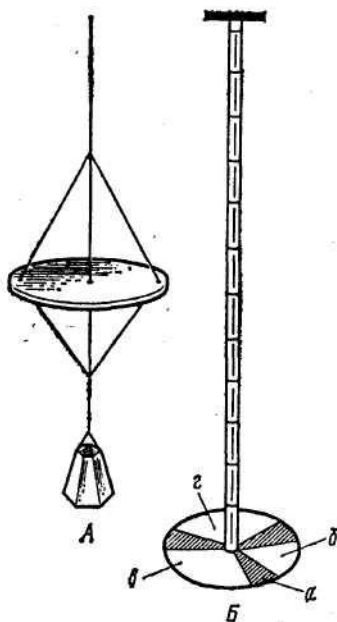


Рис. 30. Приборы для определения прозрачности воды:

А — диск Секки; Б — индикаторный диск; а — черные поля; б, в, г — цветные поля

Прозрачность — одно из важных физических свойств воды. Степень прозрачности воды зависит от количества взвешенных и растворенных в ней органических и минеральных веществ. В летний период прозрачность зависит в значительной мере от развития водорослей. Значение показателя прозрачности определяется тем, что интенсивность фотосинтеза (являющегося основным источником кислорода в водоеме) зависит от характера распространения света в толще воды. Зная прозрачность воды, можно иметь представление о том, как протекают процессы фотосинтеза в толще воды.

Прозрачность определяют с помощью металлического диска (диска Секки), покрытого белой краской (рис. 30, А). Диск на размеченном

шнуре или тросе опускают в воду до тех пор, пока он не исчезнет из поля зрения, и поднимают его, пока он снова не станет заметным. Средняя величина между этими показателями в сантиметрах или метрах будет считаться прозрачностью воды. Для измерения прозрачности А.С. Барановым предложен диск, окрашенный в виде секторов по 90° белого, красного и зеленого цветов. Цветовые сектора разделены трехлучевым черным крестом с лучами по 30°. Диск закреплен на мерной штанге (рис. 30, Б). При использовании такого диска точность измерения повышается.

Цвет воды является показателем некоторых ее химических и биологических особенностей. Чаще всего цвет воды зависит от количества растворенных в ней органических веществ. Окраска воды сама по себе, по-видимому, не играет роли в жизни водных организмов. Однако изменения ее в ряде случаев могут служить показателем неблагоприятных условий в водоеме.

Цвет воды выражается в условных единицах – градусах платинокобальтовой шкалы. Измеряют цвет воды сравнением исследуемого раствора со стандартной шкалой. Цветность наиболее подходящего стандарта и будет цветностью испытуемой воды. Цветность более 30° считается высокой, и вода с такой цветностью обычно не рекомендуется для водоснабжения рыбоводных прудов.

Тема 13

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ И МЕТОДЫ ЕГО ИЗУЧЕНИЯ

[Привезенцев Ю.А. Практикум по прудовому рыбоводству.–М.: Высш. шк., 1982. –208 с.]

При рыбоводных работах особое внимание уделяется изучению кислородного режима водоемов, так как наличие в воде растворенного кислорода – обязательное условие для существования большинства водных организмов. Потребность в кислороде у отдельных видов рыб различна. Так, для нормальной жизнедеятельности лососевых концентрация кислорода должна быть 8-11 мг/л., а для карповых – 5-8 мг/л. При концентрации кислорода около 3,0 мг/л карп становится беспокойным, хуже питается, а при падении кислорода до 1,2-0,6 мг/л (в зависимости от температуры воды) возникает угроза гибели рыбы. От насыщения воды кислородом зависит жизнедеятельность рыб. При падении содержания кислорода ухудшаются условия питания рыб, снижается их рост, понижается устойчивость ко многим неблагоприятным факторам внешней среды, в том числе к ядам промышленных и бытовых сточных вод.

Содержание растворенного в воде кислорода зависит от двух групп процессов, проходящих одновременно в водоеме. С одной стороны, это процессы, обогащающие воду кислородом. К ним относятся фотосинтез растений, а также поступление его из атмосферы, с другой стороны, уменьшающие его содержание в воде различные окислительные процессы (рис. 31).

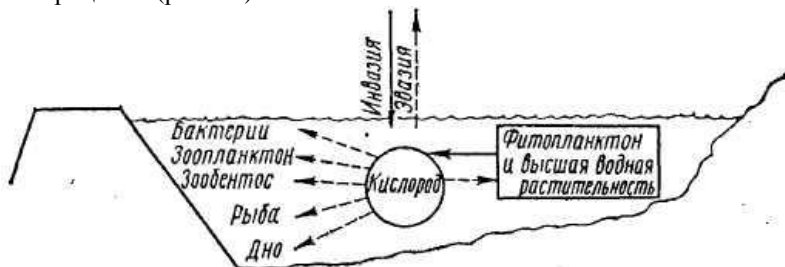


Рис. 31. Баланс кислорода в водоеме (схема)

Мощный источник обогащения воды кислородом – процесс фотосинтеза водных растений. Интенсивность его зависит от развития водорослей, температуры и освещения воды. Второй источник – атмосфера, кислород которой может поглощаться поверхностными слоями воды. Насыщение воды кислородом этим путем значительно ускоряется при интенсивном разбрызгивании, течении, ветровом перемешивании.

Кислород расходуется на различные окислительные процессы, в том числе и дыхание водных организмов. Потребление кислорода рыбами приводится в табл. 42. Значительное количество кислорода используется на окисление органических веществ. За сутки донные отложения на 1 м² дна поглощают от 0,4 до 1,6 г кислорода. Не съеденный рыбой 1 кг корма, окисляясь, поглощает от 10 до 50 г кислорода.

В результате изменения температуры воды, освещенности и влияния других факторов в водоемах наблюдаются периодические сезонные и суточные колебания в количестве кислорода, растворенного в воде. Поэтому рыбовод обязан постоянно контролировать содержание кислорода в воде.

Определение содержания растворенного кислорода в воде проводят по методу Винклера. Он основан на способности гидрата закиси марганца реагировать в щелочной среде с кислородом, растворенным в воде. Гидрат закиси марганца связывает кислород с образованием осадка гидрата окиси марганца. После добавления кислоты осадок растворяется и раствор в зависимости от количества выделившегося иода окрашивается в коричневый цвет различной интенсивности. Выде-

лившийся иод титруют раствором гипосульфита. По количеству гипосульфита, израсходованного на титрование пробы, рассчитывают количество кислорода.

Пробу воды на кислород берут с помощью батометра или других приспособлений. Из батометра пробу переносят в специальные кислородные склянки с притертыми пробками. После этого приступают к фиксации кислорода. Для этого в склянку объемом 100-150 мл вводят 2 мл раствора хлористого марганца $MnCl_2$ и 2 мл раствора едкого натра с иодистым калием ($NaOH+KI$). Пипетки с реактивами погружают в склянку и затем по мере выливания из них реактива поднимают вверх. Для каждого реактива должна быть своя пипетка, помеченная каким-либо способом. После прибавления хлористого марганца и щелочи склянки закрывают и содержимое тщательно перемешивают. Когда осадок опустится на дно, склянку открывают и пипеткой вводят 5 мл серной кислоты (1:4) или концентрированной соляной кислоты. Затем склянку закрывают и перемешивают. После растворения осадка из склянки берут пипеткой 50 или 100 мл исследуемой воды, переносят в коническую колбу на 200-250 мл и титруют 0,01 н. или 0,02 н. раствором гипосульфита до слабо-желтого цвета. После этого к пробе добавляют 1 мл крахмала и окрасившийся в синий цвет раствор титруют до обесцвечивания. Учитывают все количество гипосульфита, пошедшее на титрование.

Расчет количества кислорода O_2 , растворенного в воде, проводится по следующей формуле, мг/л:

$$\frac{PKN \cdot 8 \cdot 1000}{O - o_1},$$

где P – количество 0,01 н. раствора гипосульфита, израсходованного на титрование пробы, мл; K – поправка на нормальность гипосульфита; N – нормальность раствора гипосульфита; O – объем пробы, мл; o_1 – объем прибавленных реактивов, мл; 8 – коэффициент пересчета на кислород (1 мл 0,01 н. раствора гипосульфита соответствует 0,08 мг кислорода).

Например, на титрование пробы пошло 7,1 мг гипосульфита; поправочный коэффициент K раствора гипосульфита 0,9; объем пробы, взятой на титрование, 100 мл. Содержание кислорода O_2 , растворенного в воде, равно

$$\frac{7,1 \cdot 0,9 \cdot 0,01 \cdot 8 \cdot 1000}{100 - 2} \approx 5,2 \text{ мг/л.}$$

При анализе кислородного режима водоема важно знать не только абсолютное количество кислорода, растворенного в воде, но и его от-

носительное содержание – процент насыщения от нормы при данной температуре.

По относительному содержанию кислорода судят о напряженности окислительных процессов в водоеме.

Таблица 2

Содержание кислорода, растворенного в воде в зависимости от температуры

	Равновесные концентрации кислорода, мг/л									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	14,65	14,61	14,57	14,53	14,49	14,45	14,41	14,37	14,33	14,29
1	14,25	14,21	14,17	14,13	14,09	14,05	14,02	14,98	13,94	13,90
2	13,86	13,82	13,79	13,75	13,61	13,68	13,64	13,60	13,56	13,53
3	13,49	13,46	13,42	13,38	13,35	13,31	13,28	13,24	13,20	13,17
4	13,13	13,10	13,06	13,03	13,00	12,96	12,93	12,89	12,86	12,82
5	12,79	12,76	12,72	12,69	12,66	12,62	12,59	12,56	12,53	12,49
6	12,46	12,43	12,40	12,36	12,33	12,30	12,27	12,24	12,21	12,18
7	12,14	12,11	12,08	12,05	12,02	11,99	11,96	11,93	11,90	11,87
8	11,84	11,81	11,78	11,75	11,72	11,70	11,67	11,64	11,61	11,58
9	11,55	11,52	11,49	11,47	11,44	11,41	11,38	11,35	11,33	11,30
10	11,27	11,24	11,22	11,19	11,16	11,14	11,11	11,08	11,06	11,03
11	11,00	10,98	10,95	10,93	10,90	10,87	10,85	10,82	10,80	10,77
12	10,75	10,72	10,70	10,67	10,65	10,62	10,62	10,57	10,55	10,52
13	10,50	10,48	10,45	10,43	10,40	10,38	10,36	10,33	10,31	10,28
14	10,26	10,24	10,19	10,17	10,15	10,12	10,10	10,08	10,08	10,06
15	10,03	10,01	9,99	9,97	9,95	9,92	9,90	9,88	9,86	9,84
16	9,82	9,79	9,77	9,75	9,73	9,71	9,69	9,67	9,65	9,63
17	9,61	9,58	9,56	9,54	9,52	9,50	9,48	9,46	9,44	9,42
18	9,40	9,38	9,36	9,34	9,32	9,30	9,29	9,27	9,25	9,23
19	9,21	9,19	9,17	9,15	9,13	9,12	9,10	9,08	9,06	9,04
20	9,02	9,00	8,98	8,97	8,95	8,93	8,91	8,90	8,88	8,86
21	8,84	8,82	8,81	8,79	8,77	8,75	8,74	8,72	8,70	8,68
22	8,67	8,65	8,63	8,62	8,60	8,58	8,56	8,55	8,53	8,52
23	8,50	8,48	8,46	8,45	8,43	8,42	8,40	8,38	8,37	8,35
24	8,33	8,32	8,30	8,29	8,27	8,25	8,24	8,22	8,21	8,19
25	8,18	8,16	8,14	8,13	8,11	8,08	8,07	8,05	8,05	8,04
26	8,02	8,01	7,99	7,98	7,96	7,95	7,93	7,92	7,90	7,89
27	7,87	7,86	7,84	7,83	7,81	7,80	7,78	7,79	7,75	7,74
28	7,72	7,71	7,69	7,68	7,66	7,65	7,64	7,62	7,61	7,59
29	7,58	7,56	7,55	7,54	7,52	7,51	7,49	7,48	7,47	7,45
30	7,44	7,42	7,41	7,40	7,38	7,37	7,35	7,34	7,32	7,31

Пример. Предположим, что содержание кислорода в водоеме составляет 5,7 мг/л. Температура воды 24° С. Необходимо рассчитать

относительное содержание кислорода. Из таблицы 2 находим, что при данной температуре должно быть 8,33 мг/л растворенного в воде кислорода.

Тогда относительное содержание кислорода составит

$$\frac{8,33 - 100}{5,7 - x} \quad x = \frac{5,7 \cdot 100}{8,33} = 68,4\%.$$

Колориметрический метод определения кислорода. В ряде случаев для определения кислорода пользуются колориметрическим методом. Для этого раствор, полученный после действия на осадок кислотой, сравнивают со стандартной шкалой. В качестве эталона используют различным образом подготовленные стандартные растворы и цветные шкалы, изготовленные из целлофановой пленки, окрашенной специальным красителем.

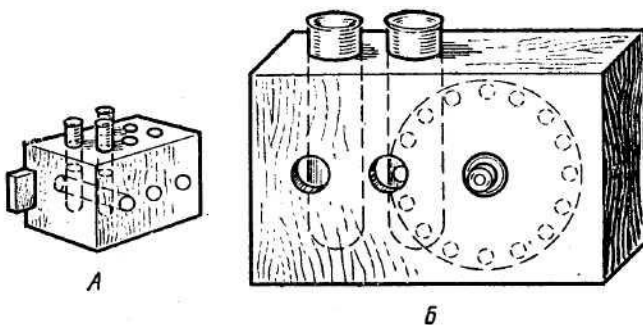


Рис. 32. Компаратор (А); компаратор Соловьева (Б)

Колориметрическое определение лучше проводить, используя компаратор (рис. 32). Колориметрический метод ускоряет работу, анализ может быть проведен непосредственно на водоеме.

Тема 14

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОБОДНОЙ УГЛЕКИСЛОТЫ, КАРБОНАТОВ И БИКАРБОНАТОВ

[Привезенцев Ю.А. Практикум по прудовому рыбоводству. –М.: Высш. шк., 1982. –208 с.]

Углекислота содержится в водоеме как в свободном состоянии (в виде газа, растворенного в воде), так и в виде ионов. Она может попасть в воду из атмосферы. Однако основным источником углекислоты в природной воде являются различные биохимические процессы, протекающие в воде и грунтах, с которым вода соприкасается: окисление

органических остатков, находящихся в воде и грунтах, а также дыхание водных организмов и др.

Углекислый газ, образующийся в указанных процессах, соединяется с водой, превращаясь в угольную кислоту: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$.

Наличие в воде угольной кислоты способствует растворению карбоната кальция и переводу его в гидрокарбонат, обладающий большей растворимостью, чем карбонат кальция: $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Вследствие растворения углекислых солей вода обогащается карбонатными и бикарбонатными ионами.

В природных водах углекислота содержится в свободном состоянии в виде газа, растворенного в воде, – двуокиси углерода CO_2 или свободной углекислоты; в виде ионов HCO_3^- – гидрокарбонат-ионов; в виде ионов CO_3^{2-} – карбонат-ионов.

Все эти формы находятся в подвижном химическом равновесии:



Уменьшение содержания углекислоты в воде приводит, в свою очередь, к повышению рН воды, при исчезновении ее из раствора рН воды будет выше 8,4.

Свободная углекислота служит источником питания растений, использующих углерод для построения клеток и тканей. Поэтому летом, в период усиленного развития водорослей (цветение водоемов), содержание ее может сильно колебаться. В светлое время суток зеленые растения ассимилируют углерод, в результате количество свободной углекислоты в воде быстро падает. Иногда она расходуется полностью с последующим распадом гидрокарбонатов и образованием карбонатов:



Карбонат кальция малорастворим в воде и выпадает в осадок.

Как показывают многочисленные исследования, между концентрацией свободной углекислоты в воде и интенсивностью фотосинтеза водорослей существует определенная зависимость. Оптимальные условия для фотосинтеза наблюдаются при концентрации углекислоты в воде до 0,1-0,9 %, при концентрации ее 1-5 % интенсивность фотосинтеза снижается.

Высокая концентрация свободной углекислоты может отрицательно сказаться и на жизнедеятельности рыб, степень этого влияния зависит от вида рыбы. Отрицательное влияние высоких концентраций углекислоты на жизнедеятельность рыб заключается в том, что рыба, находясь в угнетенном состоянии, хуже использует кислород, растворенный в воде. Критическая концентрация углекислоты (мг/л) для разных видов и весовых групп рыб приведена в табл. 3.

Таблица 3

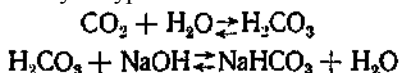
Влияние углекислоты на жизнедеятельность рыб

Рыба	Концентрация углекислоты, мг/л, при которой наблюдается		
	учащенное дыхание	нарушение равновесия	боковое или спинное положение
Форель:			
ручьевая	36	50	100-147
радужная	36	50-70	147
Карп	55-73	202	257
Линь	110-128	385	440

Содержание углекислоты является косвенным показателем загрязнения водоема органическими веществами. Резкое увеличение ее содержания в водоеме может указывать на постороннее его загрязнение.

Согласно существующим нормативам, для рыбоводных прудов желательна концентрация углекислоты, не превышающая 20 мг/л летом и 40 мг/л зимой.

Определение свободной углекислоты основано на том, что приливаемые к воде щелочи (NaOH или Na₂CO₃) количественно связывают свободную углекислоту по уравнению:



Конечным пунктом титрования считают pH около 8,3-8,4, когда количество свободной углекислоты практически равно нулю. Индикатором для этого диапазона служит фенолфталеин, имеющий при pH выше 8,3 розовую окраску. При дальнейшем прибавлении раствора едкого натра происходит реакция $\text{HCO}_3^- + \text{OH}^- = \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$.

При этом pH становится больше 8,4 и окраска раствора становится все более интенсивной. Однако резкого изменения окраски не происходит, поэтому для точного установления конца реакции титрование проводят до совпадения окраски титруемого раствора с окраской специально приготовленного стандартного раствора. Во время титрования часть свободной углекислоты может улетучиться, поэтому титрование необходимо проводить в закрытой колбе.

Определение углекислоты осуществляют следующим образом. В склянки с притертой пробкой на 150-200 мл с каждой станции отбирают две параллельные пробы с такими же предосторожностями, как и при отборе проб на содержание кислорода.

Содержание углекислоты при хранении пробы изменяется под влиянием соприкосновения с воздухом, изменения температуры, процессов жизнедеятельности организмов и т. п., поэтому определение по

возможности следует проводить на месте взятия пробы или немедленно по доставке пробы в лабораторию.

Перед началом определения удаляют воду до метки, которая указывает на оставшийся объем 100 или 150 мл. Градуированной пипеткой добавляют в склянку 0,1 мл 1%-ного спиртового раствора фенолфталеина, затем содержимое колбы перемешивают круговым движением. После добавления фенолфталеина жидкость останется бесцветной (при наличии свободной углекислоты) или окрасится в розовый цвет (при наличии карбонатной углекислоты).

В том случае, если вода останется бесцветной, в ней определяют свободную углекислоту путем титрования пробы раствором щелочи (0,02 н. раствором NaOH или 0,02 н. раствором Na₂CO₃) до тех пор, пока исчезающая вначале окраска не станет устойчивой и жидкость не примет розовый оттенок. Интенсивность окраски, при которой можно считать титрование законченным, определяют с помощью минерального стандарта, налитого в такую же колбу и в таком же объеме. Если в течение 5 мин розовая окраска не изменяется, проводят отсчет израсходованной щелочи и повторяют все определение. При повторном определении добавляют в склянку почти все то количество щелочи, которое пошло на первое титрование, и дотитровывают пробу до получения стандартной окраски.

Количество щелочи, израсходованное при втором титровании, эквивалентно содержанию углекислоты CO₂ в данном объеме воды и определяется по формуле (мг/л):

$$\frac{PK \cdot 0,88 \cdot 1000}{O},$$

где P – количество 0,02 н. раствора едкого натра, пошедшее на титрование, мл; K – поправка на 0,02 н. раствора щелочи; 0,88 – множитель (при 0,1 н. раствора щелочи берут множитель 4,4); O – объем пробы воды, взятый для исследования, мл.

Определение карбонатов. На присутствие ионов CO₃ указывает интенсивное окрашивание воды после добавления в неё фенолфталеина.

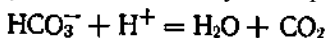
Для определения карбонатов в колбу емкостью 150—200 мл наливают 100 мл воды, прибавляют 0,1 мл фенолфталеина и титруют соляной кислотой (0,02 н. раствором) до тех пор, пока жидкость не примет переходного розового цвета, совпадающего с цветом минерального стандарта. Титрование лучше проводить в колбе с пробкой. После прибавления кислоты колбу закрывают и осторожно перемешивают.

вают пробу. Содержание карбонатов (CO_2 карбонатная) рассчитывают по формуле (мг/л):

$$\frac{PK \cdot 0,44 \cdot 1000}{O},$$

где P – количество раствора соляной кислоты, пошедшее на титрование, мл; K – поправка на 0,02 н. раствора соляной кислоты; O – объем пробы воды, взятой для исследования, мл; 0,44 – коэффициент, соответствующий количеству CO_2 при добавке 1 мл (точно) 0,02 н. HCl .

Определение бикарбонатной углекислоты HCO_3^- . Принцип определения ионов HCO_3^- основан на следующей реакции:



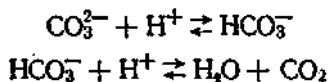
Воду титруют соляной кислотой в присутствии метилоранжа. Конец реакции определяют по переходу цвета индикатора из желтого в розовый. При титровании воды соляной кислотой ион водорода расходуется не только на реакцию с ионами HCO_3^- , но также и на реакции с ионами других слабых кислот. Однако содержание их в природных водах незначительно, поэтому вычисление содержания ионов HCO_3^- по общему расходу соляной кислоты значительной ошибки не дает.

Для определения бикарбонатов угольной кислоты в колбу на 150–200 мл наливают 100 мл исследуемой воды, прибавляют 3 капли метилового оранжевого и титруют 0,02 н. соляной кислотой до появления розоватого оттенка. При значительном содержании в воде бикарбонатов выделяющийся CO_2 удаляют продуванием с помощью резиновой груши через пробу. Если окраска воды сделалась при этом снова желтой, то продолжают титрование, пока опять не появится розовый оттенок:

$$x = \frac{PK \cdot 0,88 \cdot 1000}{O},$$

где x – количество бикарбонатов, мг CO_2 на 1 л; P – количество 0,02 н. раствора кислоты, пошедшее на титрование пробы, мл; K – поправка на 0,02 н. раствора кислоты; O – объем пробы воды, взятый для исследования, мл; 0,88 – коэффициент 1 мл; 0,02 н. кислоты освобождает 0,88 мг CO_2 из бикарбоната.

Определение содержания карбонатов и бикарбонатов при их совместном присутствии. Карбонаты и бикарбонаты при их совместном присутствии определяют обычно путем титрования воды соляной кислотой. Это определение основано на реакциях



При добавлении кислоты увеличивается концентрация ионов водорода в воде. Это вызывает нарушение

указанного выше равновесия, в результате обе реакции идут слева направо.

Вначале будет проходить первая из указанных реакций. Так, ионы CO_3 будут связывать ионы водорода, превращаясь в ионы HCO_3 . После того как ионы CO_3 перейдут в ионы HCO_3 , pH воды будет 8,4. В этот момент вода практически не содержит ни ионов CO_3 , ни свободной углекислоты, а только ионы HCO_3 .

Конец первой и второй реакций можно определить с помощью двух различных индикаторов. Окончание первой реакции устанавливается по фенолфталеину, а второй — по метилоранжу.

Для определения карбонатов и бикарбонатов в коническую колбу на 150—200 мл отмеривают 100 мл исследуемой воды, прибавляют 0,1%-ный раствор фенолфталеина. Пробу титруют 0,02 н. раствором соляной кислоты до тех пор, пока окраска раствора не станет такой же, как окраска стандартного раствора. Количество кислоты, пошедшей на титрование, записывают. Затем прибавляют к раствору 3 капли метилоранжа и продолжают титрование до появления розоватого оттенка. Общий расход соляной кислоты, за вычетом кислоты, пошедшей на титрование карбонатов, покажет расход ее на титрование бикарбонатов. При расчете используют формулы, применяемые при определении содержания карбонатов и бикарбонатов.

Тема 15

ОПРЕДЕЛЕНИЕ pH ВОДЫ

[Привезенцев Ю.А. Практикум по прудовому рыбоводству. —М.: Высш. шк., 1982. —208 с.]

Чистая вода — химически нейтральное соединение в равной степени как с кислотными, так и щелочными свойствами. Она очень слабо диссоциирует на катионы водорода H^+ и анионы OH^- по схеме



При диссоциации воды образуются равные количества водородных ионов и ионов гидроксила, поэтому реакция чистой воды — нейтральная. При температуре 18°C константа диссоциации воды $K=10^{14,14}$. В химически чистой воде ионы водорода и гидроксила присутствуют в равных количествах ($\text{H}^+ = \text{OH}^- = 10^{-7,07}$), поэтому вполне достаточно определить концентрацию одного из них. На практике

определяют концентрацию водородных ионов в интервале от 1 до 10^{-14} мг-экв/л, что соответствует величине рН от 0 до 14. Величина рН = 7 соответствует нейтральному состоянию раствора; меньшее ее значение – кислотному, а более высокое – щелочному.

Природные воды сильно различаются по концентрации водородных ионов. Активная реакция воды зависит от ее химического состава и концентрации растворенных в ней веществ. В большинстве случаев рН природной воды зависит от соотношения в ней различных форм углекислоты. Существенное влияние на рН могут оказать также и другие факторы, определяющие интенсивность биологических процессов в водоеме. В отдельных случаях на рН в природных водах влияет диссоциация присутствующих в воде органических кислот.

Большинство пресных водоемов имеет рН в пределах от 6,5 до 8,5. Летом при интенсивном фотосинтезе наблюдается повышение рН до 9 и выше. Зимой при накоплении углекислоты под льдом наблюдаются более низкие значения рН. Существенные изменения рН могут наблюдаться и в течение суток.

Концентрация водородных ионов оказывает большое влияние на биологические процессы в водоемах, на развитие водной флоры и фауны. Как растительные, так и животные организмы могут существовать в воде при определенном рН. Гидробионты по отношению к рН подразделяются на **стеноионных**, обитающих в водах с незначительным колебанием рН, и **эвриионных**, выдерживающих резкие изменения этого фактора. Например, моллюски с известковой раковиной не выдерживают рН меньше 7,0. Молодые рачки *Gammarus pulex* погибают в воде с рН 6-6,2 через 1,5-2 сут. В то же время личинки комара *Chironomus plumosus* способны выдерживать колебания рН от 2 до 12.

Концентрация водородных ионов не только определяет границы распространения гидробионтов, но и влияет на характер их жизнедеятельности. Например, водоросль *Cladophora* с падением рН до 7,2 прекращает вегетативное размножение и образует зооспоры. Влияние сдвига активной реакции на уровень обмена наблюдается и у рачка *Daphnia pulex*. С изменением рН от 7 до 5 и 8 фильтрация и дыхание у этого рачка возрастали в 2-3 раза, что свидетельствует об отклонении условий его существования от оптимальных.

Хотя многие рыбы переносят весьма широкие колебания рН и способны жить нормально в воде при рН 5,0-9,0, наиболее желательна для рыбоводных прудов реакция от нейтральной до слабощелочной. Кислая реакция среды неблагоприятно влияет на дыхание и обмен веществ у рыб, а это приводит к неполному усвоению ими пищи, нарушениям азотистого обмена и замедлению роста.

Потребление кислорода карпом в зависимости от рН приведено в табл. 4.

Таблица 4

Влияние рН на потребление кислорода карпом

рН	Масса, г	Потребление кислорода за 1 ч, мг на 1 г живой массы
7,4	18,1	0,24
6,5	17,4	0,19
5,5	16,5	0,16

Отношение разных видов рыб к активной реакции воды, ее нижнему порогу, различно. Так, нижней границей для форели будет рН 4,8. Окунь может жить некоторое время и при рН 3,6 (Лукияненко, 1970).

Концентрацию водородных ионов определяют электрометрическим или колориметрическим методами.

Электрометрический метод. Наиболее точным методом определения рН является электрометрический, позволяющий определять рН с точностью до 0,003-0,005.

Довольно быстро и легко можно определить рН с помощью потенциометра со стеклянным электродом. На определение рН с помощью стеклянного электрода не влияют цвет и мутность воды, поэтому этот способ рекомендуется для определения рН в сильно загрязненных водах.

В полевых условиях пользуются, как правило, колориметрическими методами определения рН, преимущества которых заключаются в простоте и скорости определения.

Определение рН с буферными растворами. Пробирку, которая должна быть сделана из такого же стекла, как пробирка стандартной шкалы, и иметь такой же диаметр, предварительно ополаскивают водой, извлеченной из водоема, и наполняют до метки, чтобы в ней было столько же воды, сколько жидкости в пробирках шкалы (обычно 10 мл). Пробы воды для определения рН берут с теми же предосторожностями, что и пробы на кислород.

К исследуемому раствору добавляют раствор индикатора в том же количестве, что и к стандартному раствору, осторожно перемешивают содержимое и затем сравнивают установившуюся в воде окраску с окраской раствора в пробирках шкалы того интервала, для которого предназначен прилитый в пробирку индикатор. Если окраска в пробирке с водой выходит за пределы диапазона шкалы для данного индикатора, то определение повторяют, вливая новую порцию исследуе-

мой воды, прибавляя другой, более подходящий, судя по результату предыдущего опыта, индикатор.

Если окраска исследуемой воды совпадает с окраской одной из пробирок шкалы, то рН исследуемой воды считают соответствующим значению рН, указанному на данной пробирке. Для лучшего улавливания тонов пробирки следует рассматривать на белом фоне, держа их перед собой в слегка наклоненном положении. Когда исследуемая вода имеет хотя бы слабую окраску, определение проводят в компараторе, располагая пробирки в нем следующим образом:

Задний ряд	Буфер с индикатором	Исследуемая вода с индикатором	Буфер с индикатором
Передний ряд	Исследуемая вода	Дистиллированная вода	Исследуемая вода

Окраску исследуемой воды и одного из стандартов шкалы рассматривают через горизонтальные отверстия компаратора.

Определение рН с универсальным индикатором. В некоторых случаях (когда желательно получение ориентировочных данных о рН воды, например при рыбохозяйственном обследовании неизвестных еще водоемов) используют универсальный индикатор, который может быть приготовлен в лабораторных условиях из 0,1%-ных спиртовых растворов пяти индикаторов путем смешивания их в следующих соотношениях: метиловый красный – 5 мл, диметиламиноазобензол – 15, бромтимоловый синий – 20, фенолфталеин – 20, тимолфталеин – 20 мл.

Определение рН с универсальным индикатором проводят следующим образом. В пробирку наливают 5 мл исследуемой воды, прибавляют 0,1 мл универсального индикатора, перемешивают жидкость и определяют рН по соответственно окрашенным светофильтрам или по следующей шкале:

Окраска раствора	рН
Красно-розовая	2,0
Красно-оранжевая	3,0
Оранжевая	4,0
Желто-оранжевая	5,0
Лимонно-желтая	6,0
Желто-зеленая	7,0
Зеленая	8,0
Сине-зеленая	9,0
Фиолетовая	10,0

Тема 16

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ

Сабодаш В.М. Разведение рыбы. – М.: АСТ; Донецк: Сталкер, 2002.

Общая жесткость природной воды показывает содержание в ней катионов двухвалентных щелочноземельных металлов и, прежде всего, кальция и магния.

Реактивы и их приготовление

0,02N раствор трилона Б. 3,72 г препарата трилона Б (двузамещенной натриевой соли четырехосновной этилендиаминтетрауксусной кислоты) растворяют в дистиллированной воде в мерной колбе на 1 л и доводят объем до метки.

Раствор хлористого цинка ($ZnCl_2$). 0,3269 г металлического гранулированного химически чистого цинка переносят в мерную колбу на 1 л., в которую наливают 10-15 мл бидистиллированной воды и 3 мл концентрированной соляной кислоты. После полного растворения цинка объем жидкости в колбе доводят бидистиллированной водой до метки. Этот раствор точно 0,01N.

Буферный раствор. 20 г химически чистого NH_4Cl растворяют в дистиллированной воде, добавляют 300 мл концентрированного раствора NH_4OH и доводят дистиллированной водой объем до 1 л.

Раствор индикатора. 0,5 г эриохрома черного или хрома темносинего кислотного растворяют в 10 мл буферного раствора и доводят объем раствора до 100 мл прибавлением этилового спирта.

Для определения нормальности трилона Б в коническую колбу емкостью 200 мл добавляют 10 мл стандартного раствора хлористого цинка, дистиллированную воду до общего объема 100 мл, 5 мл буферного раствора, 10-15 мг сухой смеси индикатора. Жидкость тщательно перемешивают, после чего титруют трилоном совершенно так же, как и при определении жесткости. Расчет нормальности трилона Б производят по формуле:

$$N_1 = \frac{N_2 \cdot V_2}{V_1}$$

где: N_1 – нормальность трилона Б, N_2 – нормальность стандартного раствора хлористого цинка, V_2 – количество стандартного раствора хлористого цинка, мл; V_1 – количество трилона Б, пошедшего на титрование, мл

Необходимая посуда

Бюретка на 25 мл – 2шт.

Пипетки на 1 мл – 2шт.

Капельницы – 2 шт.

Мерный цилиндр на 100 мл – 2 шт.
Конические колбы на 200 мл – 4 шт.

Ход определения

Для анализа в коническую колбу на 200-250 мл отмеривают пипеткой Мора 50-100 мл исследуемой воды в зависимости от ее жесткости.

При необходимости пробу разбавляют дистиллированной водой до объема 100 мл, прибавляют 5 мл буферного раствора и 5-7 капель индикатора, жидкость перемешивают и титруют раствором трилона Б до перехода красной окраски в синюю.

Таблица 9

Объем пробы для анализа в зависимости от жесткости воды

Жесткость воды мг-эquiv	Объем пробы мл
0,5-5	100
5-10	50
10-20	25
20-50	10

Вычисление результатов производят по формуле:

Жесткость = $n \cdot N \cdot 1000 / V$ мг-эquiv.

где n – расход раствора трилона Б; мл;

N – нормальность трилона Б;

V – объем воды, взятой на исследование; мл;

1000 – пересчет на 1 литр.

Тема 16А

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ

Докторова И.Н и др Лабораторный практикум с методическими указаниями по зооигиене... Ульяновск, УГСХА, 2005, 189 с.

Цель работы: освоить методику определения карбонатной и общей жесткости воды.

Жесткость воды зависит от присутствия в ней растворенных солей щелочных металлов кальция и магния. В некоторых случаях жесткость обусловлена присутствием солей закисного железа, марганца, алюминия. Увеличение жесткости воды может зависеть от загрязнения ее органическими веществами, при распаде которых образуется углекислота, способствующая выщелачиванию из почвы солей жесткости кальция и магния.

Различают четыре вида жесткости: общую, карбонатную, устранимую и постоянную.

Общая жесткость – жесткость сырой воды, обусловленная всей суммой солей кальция и магния.

Карбонатная жесткость – жесткость сырой воды, обусловленная растворенными в ней гидрокарбонатами и карбонатами кальция и магния.

Устранимая жесткость – жесткость воды, устраняемая при кипячении, обуславливается содержанием двууглекислых солей кальция и магния, которые при кипячении воды разлагаются и превращаются в нерастворимые углекислые соли.

Постоянная жесткость – жесткость воды после одночасового кипячения, в которой остаются хлориды, сульфаты, частично карбонаты кальция и магния.

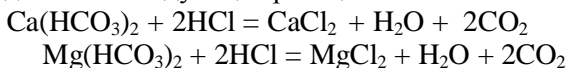
Жесткость воды выражается в миллиграмм-эквивалентах на 1 литр воды. Один миллиграмм-эквивалент жесткости соответствует содержанию 28 мг окиси кальция (или 20,16 мг окиси магния на 1 л). Если расчеты произвести только по количеству кальция или магния, то 1 мг/экв жесткости соответствует содержанию 20,04 мг кальция или 12,16 мг магния на 1 л воды, где 20,04 и 12,16 – эквивалентные веса кальция и магния, равные половине их атомных весов.

Жесткость воды можно выражать и в градусах. Один градус жесткости соответствует содержанию 10 мг окиси кальция. Отсюда 1 мг/экв на 1 л жесткости воды равен 2,8°.

Вода имеющая жесткость до 10° (3,5 мг/экв на 1 л), считается мягкой, от 10 до 20° (3,5-7 мг/экв на 1 л) – средней жесткости, 20-30° (7-10,5 мг/экв на 1л) – жесткой и свыше 40° (14 мг/экв на 1 л) – очень жесткой. Желательно, чтобы общая жесткость питьевой воды была не выше 30-40°.

Определение карбонатной жесткости

Принцип метода основан на титровании карбонатов соляной кислоты в присутствии индикатора метилового оранжевого. В основе метода лежит следующая реакция:



1 мл 0,1-N раствора соляной кислоты, израсходованной на титрование будет соответствовать 2,8 мг окиси кальция.

Посуда и реактивы: 1) 0,1 нормальный раствор соляной кислоты; 2) 1%-ный раствор метилового оранжевого; 3) бюретки на 100 мл; 4) конические колбы емкостью 150 мл; 5) пипетки.

Ход определения: В коническую колбу емкостью 150 мл мерной пипеткой наливают 100 мл исследуемой воды, прибавляют 2-3 капли метилового оранжевого и титруют 0,1 н раствором соляной кислоты, до розового окрашивания. Титрование проводят 2-3 раза и вычисляют среднюю величину. Расчет производят по формуле:

$$x = (a \times 0,1 \times 100) / V$$

где x – карбонатная жесткость, мг/экв на 1 литр; a – количество 0,1 н раствора соляной кислоты в мл, израсходованное на титрование; 0,1 – титр кислоты; V – объем исследуемой воды.

Определение общей жесткости

Принцип метода основан на воздействии щелочной смеси на присутствующие в воде кальций и магний, которые выпадают в осадок с образованием углекислого кальция и гидрата окиси магния.

Посуда и реактивы: 1) щелочная смесь (смесь равных частей 0,1-н раствора Na_2CO_3 и 0,1-н раствора NaOH); 2) 0,1 нормальный раствор соляной кислоты; 3) 1%-ный раствор метилового оранжевого; 4) мерная колба емкостью 200 мл; 5) бюретки на 100 мл; 6) пипетки; 7) нагревательный прибор.

Ход определения: Определив карбонатную жесткость, приливают в эту колбу из бюретки 20 мл щелочной смеси и кипятят 3 минуты.

Жидкость охлаждают, переливают в мерный цилиндр, добавляют дистиллированную воду до 200 мл, фильтруют. Берут 100 мл фильтрата, добавляют 1-2 капли индикатора и титруют 0,1-н раствором соляной кислоты.

Ввиду того, что для титрования была взята только половина смеси (100 мл фильтрата), число миллилитров раствора, по-

шедшего на титрование, умножают на 2 и получают число, показывающее количество миллилитров щелочного раствора, не вступившего в реакцию с солями щелочноземельных металлов. Вычитая это число из 20 мл щелочного раствора и, умножая на 2,8 находят общую жесткость.

Постоянная жесткость представляет собой разность между общей и карбонатной жесткостью.

Пример расчета: На титрование 100 мл фильтрата израсходовано 6,5 мл 0,1 н раствора соляной кислоты. Общая жесткость будет равна $6,5 \times 2 = 13$ мл, $20 - 13 = 7$ мл, $7, \text{мл} \times 2,8 = 19,6^0$. Постоянная жесткость как разность между общей и карбонатной будет равна $19,6 - 7,0 = 12,6^0$.

Запись результатов исследований

Пробы воды	Жесткость воды		
	Карбонатная	Постоянная	Общая
1			
2			
3			
4			
5			

Тема 17

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕРОВОДОРОДА, H_2S

[Сабодаш В.М. Разведение рыбы. – М.: АСТ; Донецк: Сталкер, 2002.]

Присутствие сероводорода в прудах недопустимо, поэтому можно ограничиться качественным определением этого газа.

Присутствие сероводорода определяется по характерному запаху, напоминающему запах тухлых яиц.

Для этого в бутылку емкостью 200-300 мл набирают испытуемую воду на 3/4 объема и плотно закрывают пробкой, сильно взбалтывают, тотчас открывают и нюхают. Слабый запах легче уловить при нагревании воды до 40-50°C.

Наличие свободного сероводорода в воде можно определить и по почернению уксусно-свинцовой бумажки. Для этого в бутылку емкостью 200-300 мл, только что наполненную испытуемой водой, уровень которой должен быть на 3-4 см ниже пробки, опускают полоску уксус-

но-свинцовой бумажки (если бумага приготовлена заранее, то перед определением ее смачивают дистиллированной водой). Бумажку зажимают пробкой так, чтобы она не касалась воды и стенок бутылки. Почернение бумажки через один-два часа указывает на присутствие свободного сероводорода. Причем, если бумажка стала серого цвета, отмечают следы сероводорода, если бумажка стала черного цвета, сероводорода много.

Проведя то же определение с предварительно подкисленной водой в испытываемую воду добавляют пипеткой 5 мл $\text{H}_2\text{SO}_4(1:1)$ и устанавливают наличие в воде связанного сероводорода (H_2S).

Реактивы и их приготовление

1. Уксусно-свинцовая бумажка. 10 г уксусно-кислого свинца $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ растворяют в 100 мл дистиллированной воды. После растворения добавляют 10% раствор NaOH до полного растворения выпавшего осадка. Раствор хранят в склянке с резиновой пробкой. В этот раствор опускают белую фильтровальную бумагу, высушивают ее, нарезают на полоски и хранят в хорошо закрытой банке.

2. Раствор серной кислоты (H_2SO_4), 1:1.