



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



Кафедра биологии растений и химии

ХИМИЯ

**Лабораторный практикум
Лабораторная работа
Определение физических свойств воды**



Лабораторная работа Определение физических свойств воды

Химическому анализу воды предшествует определение ее физических свойств – температуры, прозрачности, цвета, запаха и вкуса.

Температура

Температура является важной гидрологической характеристикой водоема, показателем возможного теплового загрязнения. Тепловое загрязнение водоема происходит обычно в результате использования воды для отвода избыточного тепла и сбрасывания воды с повышенной температурой в водоем. При тепловом загрязнении происходит повышение температуры воды в водоеме по сравнению с естественными значениями температур в тех же точках в соответствующие периоды сезона. В условиях теплового загрязнения значительно изменяются кислородный режим и интенсивность процессов самоочищения водоема, интенсивность фотосинтеза и др. В результате этого нарушается, часто необратимо, природный баланс водоема, складываются особые экологические условия, негативно сказывающиеся на животном и растительном сообществе, в частности:

- подогретая вода дезориентирует водные организмы, создает условия для истощения пищевых ресурсов;
- усиливаются температурные различия по вертикальным слоям, особенно в холодный сезон, по «вывернутому» типу, противоположному тому, который складывается в результате естественного распределения температур воды;
- при повышении температуры воды уменьшается концентрация растворенного кислорода, что усугубляет кислородный режим, особенно в зонах сброса коммунально-бытовых стоков; при повышенной температуре многие водные организмы, и в частности рыбы, находятся в состоянии стресса, что снижает их естественный иммунитет;
- происходит массовое размножение сине-зеленых водорослей;
- образуются тепловые барьеры на путях миграций рыбы.

Температура воды в водоеме может повыситься также в холодное время года – в результате сброса городских дождевых (ливневых) стоков; в теплое – в результате спиливания затеняющих береговую линию деревьев, в результате повышения мутности воды (и как следствие – большего поглощения солнечной энергии) при водной эрозии почвы берегов и др.

Проводить измерение можно в нескольких точках водоема, отстоящих друг от друга на несколько сот метров: в месте, где ожидается тепловое загрязнение, и в контрольной точке (температурный фон). Необходимо учитывать, что в выбранных точках должны быть близкие физические и гидрологические условия: скорость течения, глубина, продуваемость, освещенность солнцем и др. Если изучается про-



точный водоем, то точка контроля должна быть выше по течению. Следует избегать измерения температуры в местах возможного естественного прогрева воды – на отмелях, в зарослях водных растений, так как в подобных местах температура обычно значительно превосходит общий температурный фон.

Температура воды является важным фактором, определяющим интенсивность жизненных процессов животных и растений. Особенно большую роль этот фактор играет в жизни рыб, которые являются типичными представителями пойкилотермных водных животных. Так, повышение температуры окружающей среды усиливает у рыб интенсивность обмена веществ, увеличивает потребление пищи и ее переваривание; изменение температуры тела рыбы, выходящее за оптимальные границы, приводит к прекращению приема пищи. Температурные границы питания рыб зависят от их видовых особенностей или экологических условий обитания. Большое повышение температуры воды оказывает губительное действие на рыб, которое связано не только с тепловым повреждением клеток, но и с ухудшением условий дыхания. Потребность в кислороде по мере повышения температуры растет, и организм погибает от удушья. Изменяется и граница кислородного порога. Так, например, при температуре 2–5°C минимальная концентрация кислорода для карпа составляет 0,5–0,6 мг/дм³, а при температуре 25–30° С поднимается до 1,2 мг/дм³.

Температура воды в водоеме определяет и границы разведения отдельных видов рыб, культивируемых в прудовых хозяйствах. Термика воды значительно устойчивее, чем воздуха, что связано с большой удельной теплоемкостью воды. Температурная устойчивость воды обусловлена и сравнительно слабой перемешиваемостью холодных и более теплых слоев воды, имеющих различную плотность. В результате годовые колебания температур в континентальных водоемах обычно не превышают 30–35°.

В термическом режиме водоема возможны три основных случая:

- гомотермия – вся толща воды в вертикальном направлении имеет одинаковую температуру;
- прямая стратификация – поверхностные слои воды имеют температуру более высокую, чем глубинные слои;
- обратная стратификация – поверхностные слои водоема имеют температуру более низкую, чем глубинные.

Характерной чертой для текучих водоемов является равенство температур по вертикали – гомотермия. Для стоячих водоемов (озер, водохранилищ, прудов) характерно расчленение температурных слоев – термическая стратификация. В таких водоемах гомотермия наступает как результат перемешивания их водной массы. Такое перемешивание представляет собой явление периодическое и сравнительно кратковременное. Термическая стратификация обусловлена физическими свойства-



ми воды, и в частности способностью воды изменять плотность в зависимости от температуры.

То обстоятельство, что температура воды, соответствующая ее наибольшей плотности, выше точки замерзания воды, играет громадную роль в термическом режиме водоема, и в частности определяет его зимний режим. Этим, например, объясняется и тот факт, что замерзает в водоемах лишь верхний слой воды и лед, имеющий меньшую плотность, чем лежащие под ним слои водной массы, плавает на них. С этим же связано возникновение обратной стратификации, характерной для зимнего термического режима водоемов. Весной с момента окончания таяния льда и постепенного нагревания поверхностных слоев воды возникает частичная циркуляция, которая по мере нагревания верхних слоев все увеличивается, пока вся водная масса не примет одинаковую температуру (в типичном случае 4°C). В летний период, по мере нагревания поверхностных слоев воды термический режим водоема может быть различным в зависимости от его глубин. В неглубоких озерах и прудах нередко вся толща воды к середине лета прогревается до дна и имеет одинаковую температуру. Но в глубоких водоемах температура понижается с глубиной. Летом в глубоких озерах и водохранилищах разница в температуре поверхностной и придонной воды может быть весьма значительной. Понижение температуры в верхних слоях водоема сначала идет медленно, но на некотором уровне падение температуры становится более резким, достигая $3\text{--}5^{\circ}$ на 1 м глубины, и затем снова замедляется. Зона резкого падения температуры воды получила название слоя температурного скачка. Ниже слоя температурного скачка температура изменяется постепенно.

Измерение температуры воды и температуры воздуха во время отбора пробы является неотделимой частью анализа. Для измерения температуры воды в водоеме на разных глубинах применяют специальные термометры, один из которых показан на рис. 1.

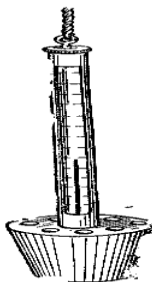


Рис. 1. Водомерный термометр

Это водный термометр, вмонтированный в металлическую оправу с чашечкой, имеющей отверстия, через которые в нее втекает вода. Температура воды определя-



ется непосредственно на водоеме калиброванным термометром с ценой деления $0,1-0,5^{\circ}\text{C}$ (в отдельных случаях оправдано измерение с ценой деления 1°C). Термометр устанавливают в пробоотборнике, который размещают на выбранной глубине, и выдерживают на нужной глубине не менее 5–10 мин, после чего пробоотборник поднимают и, не вынимая термометр из пробоотборника, сразу же определяют температуру. При глубоководных измерениях необходимо использовать пробоотборники опрокидывающегося типа, заполняемые водой на требуемой глубине. Температуру поверхностных слоев определяют, опуская термометр на глубину 15–20 см. Температура в поверхностных слоях воды может значительно (на $3-5^{\circ}\text{C}$ и более) отличаться от температуры на глубинах в несколько метров. При использовании для взятия пробы батометра в него монтируют термометр для измерения температуры воды.

Оборудование. Калиброванный термометр, пробоотборник (для глубоководных измерений).

Выполнение измерения температуры.

1. Погрузите термометр в воду непосредственно на водоеме не менее чем на одну треть шкалы и выдержите в погруженном состоянии на нужной глубине не менее 5 мин. Не вынимая термометра из воды, произведите отсчет показаний (с точностью до половины цены деления).

2. Определите температуру воды (t , $^{\circ}\text{C}$) в нескольких местах водоема, отстоящих друг от друга не менее чем на несколько сот метров.

3. Рассчитайте разницу в значениях температуры (Δt , $^{\circ}\text{C}$).

Органолептические показатели. Любое знакомство со свойствами воды начинается с определения органолептических показателей, т.е. таких, для определения которых используют органы чувств (зрение, обоняние, вкус). Органолептическая оценка приносит много прямой и косвенной информации о составе воды и может быть проведена быстро и без каких-либо приборов. К органолептическим характеристикам относятся цветность, мутность (прозрачность), запах, вкус и привкус, пенистость.

Прозрачность

Прозрачность, или светопропускание, воды обусловлено ее цветом и мутностью, т.е. содержанием в ней различных окрашенных и минеральных веществ. Прозрачность воды часто определяют наряду с мутностью, особенно в тех случаях, когда вода имеет незначительные окраску и мутность, которые затруднительно обнаружить приведенными выше методами. Прозрачность определяют приведенным выше методом с использованием диска Секки по высоте столба воды, который позволяет различать на белой бумаге стандартный шрифт. Последний метод (приведенный в ИСО 7027) позволяет судить о прозрачности воды практически в любых условиях и



на любом водоеме, независимо от его глубины, наличия мостов, погодных условий и др.

Одним из важных физических свойств воды является ее прозрачность, определяющая зону действия фотосинтеза. С прозрачностью воды связано распространение в глубину водоема зеленых растений. В озерах с чистой водой фотосинтез зеленых растений успешно протекает на глубине 10–20 м. В водоемах с малопрозрачной водой зона действия фотосинтеза не опускается глубже 4–5 м, а в отдельных прудах в летнее время прозрачность воды часто не превышает 60–80 м.

Степень прозрачности воды в реках зависит в основном от количества взвешенных частиц и в меньшей степени от содержания растворенных и коллоидных веществ. Большое количество взвешенных веществ нежелательно, так как они поглощают свет, уменьшая прозрачность воды, снижают скорость передачи тепла, поглощают значительное количество кислорода в ходе окислительных процессов. В небольших же количествах они играют иногда положительную роль, увеличивая биологическую продуктивность водоема. Основным фактором, определяющим прозрачность воды в непроточных водоемах – прудах, озерах, водохранилищах, являются биологические процессы, например цветение воды. Влияет на прозрачность (мутность) воды и ее цвет: чем ближе цвет воды к голубому, тем она прозрачнее, чем ближе к желтому, тем она менее прозрачна. Загрязнение водоема промышленными и бытовыми стоками также может сильно понизить прозрачность воды. Прозрачность (мутность) определяют фотометрически (турбидиметрически – по ослаблению проходящего света или нефелометрически – по светорассеянию в отраженном свете), а также визуально – по степени мутности столба высотой 10–12 см в мутномерной пробирке. В последнем случае пробу описывают качественно следующим образом: прозрачная; слабо опалесцирующая; опалесцирующая; слабо мутная; мутная; очень мутная (ГОСТ 1030). Указанный метод приведен в качестве наиболее простого в полевых условиях.

Международный стандарт ИСО7027 описывает также полевой метод определения мутности (а также прозрачности) воды с использованием специального диска, известного как диск Секки (рис.2).



Рис. 2. Диск Секки(а) для измерения прозрачности воды и определение мутности (прозрачности) воды с помощью этого диска(б)



Диск Секки представляет собой диск, отлитый из бронзы (или другого металла с большим удельным весом), покрытый белым пластиком или белой краской и прикрепленный к цепи (стержню, нерастягивающемуся шнуру и т.п.). Диск обычно имеет диаметр 200 мм с шестью отверстиями, каждое диаметром 55 мм, расположенными по кругу диаметром 120 мм. При определении мутности с помощью диска его опускают в воду настолько, чтобы он был едва заметен. Измеряют максимальную длину погруженной цепи (шнура), при которой диск еще заметен. Измерения повторяют несколько раз, так как возможно мешающее влияние отражения света от водной поверхности. Глубина (в см), на которой диск перестает быть видимым, считается прозрачностью воды. Измерение следует повторить и взять средний показатель из двух определений. Для значений, меньших 1 м, результат приводят с точностью до 1 см, для значений, больших 1 м, – с точностью до 0,1 м. Данный метод удобен тем, что позволяет использовать для анализа мосты, наклоненные над водой деревья, обрывистые берега и др. Этот метод благодаря своей простоте получил широкое распространение.

Прозрачность также измеряется по высоте столба воды, при взгляде сквозь который на белой бумаге можно различать стандартный шрифт (рис. 3).

Оборудование. Стекланный цилиндр с внутренним диаметром 2,5 см или более и высотой не менее 30 см (желательно 60 см) с дном из плоского отшлифованного или оптического стекла. Цилиндр должен быть снабжен экраном, хорошо защищенным от попадания бокового света. Образец шрифта – четкий шрифт на белом фоне (высота 3,5 мм, ширина 0,35 мм) либо котировочная метка (черный крест на белой бумаге). Линейка, отградуированная в сантиметрах.

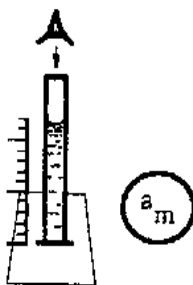


Рис. 3. Определение прозрачности воды

Выполнение анализа. 1. Пробу тщательно перемещайте и поместите в цилиндр.
2. Установите цилиндр на высоте около 4 см над образцом шрифта, добейтесь хорошего освещения шрифта при отсутствии попадания света на боковую поверхность цилиндра.



3. Наблюдая сверху через столб воды и, сливая или доливая воду в цилиндр, определите высоту столба, еще позволяющего отчетливо видеть шрифт (метку). Измеренное значение прозрачности (т.е. столба воды) записывайте с точностью до 1 см.

Цветность

Цветность – естественное свойство природной воды, обусловленное присутствием гуминовых веществ и комплексных соединений железа. Цветность воды может определяться свойствами и структурой дна водоема, характером водной растительности, прилегающих к водоему почв, наличием в водосборном бассейне болот и торфяников и др.

Цвет воды является показателем некоторых ее химических и биологических особенностей. В естественном состоянии вода имеет зеленовато-голубой цвет. Большое влияние на цвет воды оказывают растворенные или взвешенные в ней органические вещества. В зависимости от цвета взвешенных частиц вода может казаться беловатой, желтоватой, серой или коричневой. Если река или озеро имеют болотный водосбор, то цвет воды от гуминовых веществ бывает темно-коричневым. В ряде случаев вода окрашивается в разные цвета от попадания в нее различных загрязнений. Окраска воды сама по себе, по-видимому, не играет особой роли в жизни водных организмов. Однако изменения ее в ряде случаев могут служить показателем создания неблагоприятных условий. Не рекомендуется использовать для рыбоводных прудов, особенно зимовальных, источник водоснабжения с высокой цветностью воды.

Цвет пресных вод 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 воды определяется визуально или фотометрическим путем сравнения окраски пробы с окраской условной 100-градусной шкалы цветности воды, приготовляемой из смеси бихромата калия $K_2Cr_2O_7$ и сульфата кобальта $CoSO_4$. Для воды поверхностных водоемов этот показатель допускается не более 20 градусов по шкале цветности. Цветную шкалу готовят обычно из хлорплатината калия ($K_2[PtCl_6]$) и хлористого кобальта ($CoCl_2 \cdot 6H_2O$). Навеску хлорплатината калия (1,246 г) и хлористого кобальта (1 г) растворяют в мерной колбе на 1 $дм^3$, добавляют 100 $см^3$ концентрированной соляной кислоты и доводят дистиллированной водой до объема 1 $дм^3$. Получается раствор, имеющий цветность 500°. Из этого раствора путем его разбавления готовят стандартную шкалу.

Если окраска воды не соответствует природному тону, а также при интенсивной естественной окраске определяют высоту столба жидкости, при котором обнаружи-



ваются окраска, а также качественно характеризуют цвет воды. Соответствующая высота столба воды не должна превышать: для воды водоемов хозяйственно-питьевого назначения – 20 см; культурно-бытового назначения – 10 см. Удовлетворительная цветность воды устраняет необходимость определения тех загрязнителей, ПДК которых установлены по цветности (лимитирующий показатель – органолептический). К таким загрязнителям относятся многие красители и соединения, образующие интенсивно окрашенные растворы и имеющие высокий коэффициент светопоглощения. Можно определять цветность и качественно, характеризуя цвет воды в пробирке высотой 10–12 см (например, бесцветная, слабо-желтая, желтая, буроватая и т.д.) (рис.4). Предлагаемый ниже метод определения цветности, являющийся наиболее простым, в то же время рекомендован ГОСТ 1030.

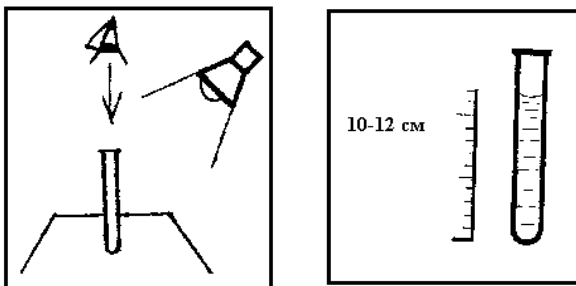


Рис. 4. Определение цветности воды

Оборудование. Пробирка стеклянная высотой 15–20 см, лист белой бумаги (в качестве фона).

Выполнение анализа.

1. Заполните пробирку водой до высоты 10–12 см.
2. Определите цветность воды, рассматривая пробирку сверху на белом фоне при достаточном боковом освещении (дневном, искусственном). Отметьте наиболее подходящий оттенок.

Цветность воды:

- Слабо-желтоватая
- Светло-желтоватая
- Желтая
- Интенсивно-желтая
- Коричневая
- Красно-коричневая
- Другая (укажите, какая)



Пенистость

Пенистостью считается способность воды сохранять искусственно созданную пену. Данный показатель может быть использован для качественной оценки присутствия таких веществ, как детергенты (поверхностно-активные вещества) природного и искусственного происхождения и др. Пенистость определяют, в основном, при анализе сточных и загрязненных природных вод.

Выполнение анализа. Колбу на 0,5 л заполняют на 1/3 водой, взбалтывают около 30 с. Проба считается положительной, если пена сохраняется более 1 мин. Величина рН воды при этой процедуре должна быть равна 6,5–8,5 (при необходимости воду нейтрализуют).

Запах и вкус

Запах и вкус воды помогают обнаружить в ней посторонние загрязнения. Так, даже небольшая концентрация фенола придает воде запах карболки. Запах воды легче уловить при нагревании. Испытуемую воду нагревают до 50°C и определяют, каким именно запахом она обладает. Для выражения интенсивности запаха используют термины: без запаха, слабый, заметный, сильный, очень сильный. При этом указывают, каким именно запахом обладает вода (неопределенным, болотным, гнилостным, сероводородным и т. д.). Вкусовые свойства воды обусловлены присутствием в ней веществ природного происхождения или веществ, попадающих в воду в результате загрязнения ее стоками. Органолептически определяют вкус только питьевых вод. Различают четыре основных вкуса: соленый, сладкий, горький, кислый. Кроме них можно отмечать также привкусы (например, щелочной, металлический). Вкус определяют при температуре пробы в момент ее отбора, при комнатной температуре или при 40°C. В рот набирают 10–15 см³ воды, несколько секунд держат не проглатывая, а затем сплевывают.

Выполнение анализа. Интенсивность вкуса и привкуса оценивают по 5-балльной шкале, приведенной в табл. 1. При определении вкуса и привкуса анализируемую воду набирают в рот (например, из колбы после определения запаха) и задерживают на 3–5с, не проглатывая. После определения вкуса воду сплевывают.

Таблица 1. Определение характера и интенсивности вкуса и привкуса

| Интенсивность вкуса и привкуса | Характер проявления вкуса и привкуса | Оценка |
|--------------------------------|---|--------|
| Нет | Вкус и привкус не ощущаются | 0 |
| Очень слабая | Вкус и привкус сразу не ощущаются потребителем, но обнаруживаются при тщательном тестировании | 1 |
| Слабая | Вкус и привкус замечаются, если обратить на это внимание | 2 |
| Заметная | Вкус и привкус легко замечаются и вызывают неодобрительный отзыв о воде | 3 |
| Отчетливая | Вкус и привкус обращают на себя внимание и заставляют воздержаться от питья | 4 |
| Очень сильная | Вкус и привкус настолько сильные, что делают воду непригодной к употреблению | 5 |



ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Алекин, О. А. Основы гидрохимии: учеб. пособие / О. А. Алекин. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 296 с.
2. Никаноров А.М. Гидрохимия: Учебник. А. М. Никаноров. – СПб: Гидрометеиздат, 2001. – 444 с.
3. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: уч. для вузов/ Ю.А. Ершов и др. 6-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2007. – 560 с.
4. Привезенцев Ю. А. Практикум по прудовому рыбоводству.- М.: Высшая школа, 1982. – 258 с.

Дополнительная:

5. Баранов И. В. Основы биопродукционной гидрохимии. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. - 277 с.
6. Власов Б.П. Антропогенная трансформация озер Беларуси. Минск, 2004. . – 78 с.
7. Зенин А. А., Белоусова И. В. Гидрохимический словарь/ Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 240 с.
8. Логинов В.Ф., Волчек А.А. Водный баланс речных водосборов Беларуси. Минск: Тонпик, 2006. . – 146 с.
9. Логинов В.Ф. Управление гидрометеорологическими данными. Минск: БГУ, 2002. . – 38 с.
10. Прожорина Т.И. Практикум по курсу "Гидрохимия". Ч.1: Учебно-методическое пособие. - Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2007. - 27 с.
11. Прожорина Т.И. Экологическая гидрохимия: Методические указания к лабораторному практикуму. Часть 2. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2007. - 20 с.
12. Слесарев В. И. Химия: основы химии живого: учебник для вузов / В. И. Слесарев. – СПб: Химиздат, 2001. – 784 с.
13. Федоров А.А. и др. Методы химического анализа объектов природной среды/ А.А. Федоров, Г.З. Казиев, Г.Д.Казаков. – М.: КолосС, 2008. – 118 с.
14. www.waterandecology.ru

Справочники:

15. Лидин Р.А., Молочко В.А., Андреева Л.Л. Химические свойства неорганических веществ/ Под ред. Р, Лидина. – М.: КолосС, 2008. – 480 с.
16. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии/ Ю. Ю. Лурье. – М.:Химия, 1971. – 454 с.
17. Справочник по гидрохимии / Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 392 с.

Составители

Поддубная Ольга Владимировна

Ковалева Ирина Владимировна