

## Наблюдение рек

### Пособие для общественного экологического мониторинга

#### ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Определение общих и суммарных параметров воды

##### § 1. Температура

Колебания температуры оказывают разное влияние на растения и водных животных. Одним животным подходит теплая вода, другие могут существовать только в холодной. От температуры воды зависит развитие фито- и зоопланктона.

Кроме этого от температурного режима зависят и различные химические параметры воды. Так при повышении температуры понижается растворимость газов, в том числе и кислорода.

Если цель – обнаружить тепловое загрязнение, то измерять температуру следует 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 сходные физические и гидрологические условия: скорость течения, глубина, продуваемость, освещенность солнцем и др. В реке точка контроля должна быть выше по течению, чем возможный источник теплового загрязнения. Нет смысла измерять температуру в местах возможного естественного прогрева воды – на отмелях, в зарослях водных растений и т.п., так как в подобных местах температура обычно значительно превосходит общий температурный фон.

**Метод определения температуры воды.**

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

**Проведение измерения:**

Температура воды определяется непосредственно на водоеме калиброванным термометром с ценой деления 0,1–0,5°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, 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°C и более) отличаться от температуры на глубинах в несколько метров. Предметом особого внимания должны быть впадающие в водоем реки, каналы и сточные канавы. При наличии впадающих в водоем притоков (сточных канав, ручьев, рек) определите температуру также в зонах смешения воды в местах их впадения в водоем. При наличии разницы в измеренных температурах в несколько градусов можно говорить о тепловом загрязнении водоема.

Погрешность измерения температуры можно свести к минимуму, выполняя следующие правила:

- для измерений используйте только калиброванный термометр (откалибровать термометр или проверить его точность можно, опустив его в тающий лед (0°C) и в кипящую воду (100°C));
- измеряйте температуру в разных точках одним и тем же термометром; результатом измерения считайте среднее арифметическое нескольких наблюдений.

**Выводы:**

Для получения достоверных выводов о том, является ли измеренная температура воды нормой или нет, важно сравнить измерения с данными многолетних наблюдений (среднемесячная температура сезона) этого параметра, если таковые имеются. После того, как вы проанализируете как соотносятся полученные вами данные с нормами, сделайте вывод, о чем может свидетельствовать результаты ваших исследований.

Температура воды поверхностных источников зависит от температуры воздуха, его влажности, скорости и характера движения воды и ряда других факторов. Она может изменяться в весьма широких пределах по сезонам года (от 0,1 до 20°C и выше).

Незначительное повышение температуры может говорить о длительном воздействии на реку людей, в частности, при спиливании деревьев, затеняющих водоток. Нагреванию воды может способствовать эрозия почв, вызванная в том числе удалением растений вдоль реки, неквалифицированной хозяйственной деятельностью, строительством и др. Эрозия почв влияет на мутность воды, что в свою очередь повышает температуру.

Кратковременное повышение температуры воды может быть вызван залповым сбросом горячей воды в водоток, произведенным промышленными предприятиями. Основным источником теплового загрязнения реки могут быть тепловые электростанции. Тепловое загрязнение реки летом могут вызвать и дождевые воды с улиц, тротуаров, парков<sup>1</sup>.

## § 2. Водородный показатель.

Для всего живого в воде (за исключением некоторых кислотоустойчивых бактерий) минимально возможная величина pH = 5; дождь, имеющий pH < 5,5, считается кислотным дождем. В питьевой воде допускается pH 6,0–9,0; в воде водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – 6,5–8,5.

В реках в нормальных условиях показатель pH обычно колеблется от 6,5 до 8,5. Значение pH за пределами этого диапазона неблагоприятно для гидробионтов (живых обитателей). Величина pH зависит от многих факторов, в том числе и от деятельности растений. Растения днем усваивают двуокись углерода из воды и снижают ее кислотность, pH возрастает, ночью происходит обратный процесс.

Для определения pH используют pH-метрию и визуальную колориметрию. pH-метрия предполагает измерение водородного показателя с помощью стационарных (лабораторных) приборов – pH-метров, в то время как визуально-колориметрическое определение проводят с использованием портативных тест-комплектов, основанных на реакции универсального или комбинированного индикатора с водородными ионами, сопровождающейся изменением окраски раствора. Точность измерения водородного показателя с помощью pH-метра может быть высока (до 0,1 единиц pH и менее), с помощью визуально-колориметрических тест-комплектов – около 0,5 единиц pH.

В некоторых случаях – для быстрого (сигнального) анализа неизвестных растворов – используется pH-индикаторная бумага, имеющая точность определения pH не более ±1, что недостаточно для выполнения анализа природной и питьевой воды. Вместе с тем, при грубой оценке (начальный уровень, 5–8 классы) индикаторная бумага также может быть полезна.

Для определения pH по индикаторной бумаге (полоски) необходимо отрезать рабочий участок индикаторной полоски размером около 5x5 мм, опустить рабочий участок в анализируемую воду на 5-10 с, не снимая защитной плёнки, через 3 мин сравните окраску участка с образцами контрольной шкалы. За результат анализа принимайте значение pH, соответствующее ближайшему по окраске образцу шкалы (при промежуточной окраске соответствующий интервал значений pH). Допускается заготавливать участки индикаторной полоски заранее, но не более чем за 1 час до анализа. В качестве примера подобной индикаторной бумаги и шкалы можно использовать тест-системы «Крисмас+».<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Митчел М. [Mitchel M. K.], Стапп У [Stapp W. B.]. Показатель качества воды. Полевое руководство по мониторингу качества воды (GREEN, USA): перевод с англ. – СПб.: «Прозрачные воды Невы», 1995. – 36 с.

<sup>2</sup> <http://u-center.info/technology-work/technol-test-sistem/test-sistem-ph>



Качественные pH-индикаторные тест-полоски производятся немецкой компанией Merck. Они позволяют определять pH в интервале значений от 0 до 14 с шагом измерений до 0,2 ед<sup>3</sup>.

Ниже мы приводим **визуально-колориметрический метод** определения pH как более точный вышеописанного, но так также простой и доступный.

#### **Оборудование и реактивы:**

Пипетка-капельница (0,50 мл); пробирки колориметрические с меткой «5 мл».

Раствор универсального индикатора.

Контрольная шкала образцов окраски растворов для определения pH (pH 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5) из состава тест-комплекта или приготовленная самостоятельно.

Приготовление растворов см. ниже.

#### **Выполнение анализа :**

1. Колориметрическую пробирку сполосните несколько раз анализируемой водой. В пробирку налейте до метки анализируемую воду (5 мл).
2. Добавьте пипеткой-капельницей 3–4 капли (около 0,10 мл) раствора универсального индикатора и встряхните пробирку.
3. Окраску раствора сразу же сравните с контрольной шкалой, выбирая ближайший по характеру окраски образец шкалы. Окраску наблюдайте сверху через открытое отверстие пробирки на белом фоне при достаточном освещении.

**Выбрав образец окраски, определите по шкале соответствующее значение pH.**

Контроль точности определения водородного показателя может быть выполнен путем тестирования специально приготовленных контрольных буферных растворов, имеющих значения pH, близкие приведенным образцам на контрольной шкале. Для контроля значений pH буферных растворов рекомендуется использовать pH-метр. Состав буферных смесей для приготовления контрольных растворов приведен в Приложении 1 Руководства по определению показателей качества воды полевыми методами А.Г. Муравьева (Крисмас + Санкт-Петербург, 2009).

#### **Раствор индикатора универсального**

*Раствор А.* 0,10 г индикатора бромтимолового синего помещают в фарфоровую ступку и растворяют с растиранием в 8,0 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 0,02 моль/л.

<sup>3</sup> <http://www.chimmed.ru/upload/iblock/dda/dda57ab45a4e77ba97fcbb0deafa0313.pdf>

Туда же прибавляют 50 мл этилового спирта-ректификата, переносят смесь в мерную колбу вместимостью 250 мл и доводят объем раствора дистиллированной водой до метки.

*Раствор Б.* 0,025 г индикатора метилового красного помещают в фарфоровую ступку и растворяют с растиранием в 4,6 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 0,02 моль/л. Туда же прибавляют 50 мл этилового спирта-ректификата, переносят смесь в мерную колбу вместимостью 250 мл и доводят объем раствора дистиллированной водой до метки.

Растворы А и Б смешивают в соотношении 1:1. Раствор универсального индикатора устойчив при хранении.

### **Выводы:**

После проведения измерения, вы получили значение рН, следующий шаг – проанализировать, является ли нормой такое значение для вашего водотока. Учитывайте, что для питьевой и хозяйственно-бытовой воды оптимальным считается уровень рН в диапазоне от 6 до 9 единиц.

Если в результате измерений вы выяснили, что рН не соответствует норме, то необходимо понять причину отклонения. При этом важно понимать, что величина рН природных вод определяется в некоторой степени геологией водосборного бассейна. Так, естественной причиной значений рН в реке может быть наличие гумусовых кислот, особенно фульвокислот, в избытке присутствующие в почвах лесных зон и обладающие хорошей миграционной способностью. Среди антропогенных причин отклонений от норм выделяют кислотные дожди, которые повышают кислотность воды в реках.

### **§ 3. Растворенный кислород. БПК.**

Важная характеристика природных вод – биологическое потребление кислорода (БПК), то есть количество кислорода, необходимое для окисления органических веществ, находящихся в воде. БПК говорит о способности воды к самоочищению и косвенно показывает количество органического вещества в воде.

#### **Метод Винклера.**

#### **Оборудование и реактивы:**

Барометр любого типа; груша резиновая или медицинский шприц; колба коническая вместимостью 250–300 мл; склянка кислородная калиброванная (100–200 мл) с пробкой; мешалка (стеклянный шарик, палочка и т.п.) известного объема; пипетки мерные на 1 мл и 10 мл; термометр с ценой деления не более 0,5°C; поддон.

Раствор соли марганца; раствор серной кислоты (1:2); раствор тиосульфата натрия (0,02 моль/л экв.); раствор крахмала (0,5%); раствор йодида калия щелочной.

Если в лаборатории имеются приборы для измерения содержания растворенного в воде кислорода (оксиметры), их с успехом можно использовать для выполнения анализов в полевых условиях.

Приготовление растворов см. ниже.

#### **Отбор пробы:**

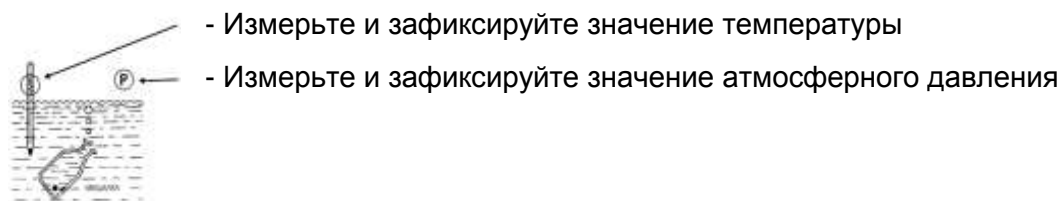
Отбор проб на содержание РК имеет ряд особенностей. Для отбора проб на РК в общем случае используют батометр, к крану которого прикреплена резиновая трубка длиной 20–25 см. Для отбора проб воды из поверхностных горизонтов используют эмалированную либо стеклянную посуду. Если отбирается общая проба воды для анализов по разным компонентам, то проба для определения РК должна быть первой, взятой для дальнейшей обработки. Водой из отобранной пробы ополаскивают 2–3 раза чистые калиброванные склянки из состава комплекта или (если требуется специальная подготовка проб, например отстаивание) стеклянные бутыли.



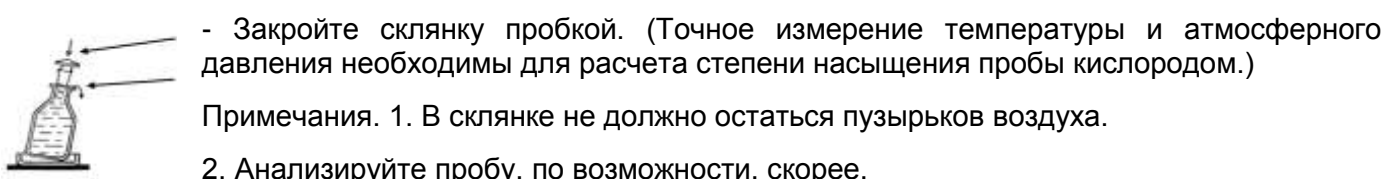
Наполнение склянок из батометра осуществляют сифоном через резиновую трубку, опущенную до дна склянки. После наполнения кислородной склянки до горлышка ее наполнение продолжают до тех пор, пока не выльется около 100 мл воды, т.е. пока не вытеснится вода, соприкасавшаяся с находившимся в склянке

воздухом, и еще один объем. Трубку вынимают из склянки, не прекращая тока воды из батометра. Аналогично проводят заполнение склянки из бутылки с анализируемой водой либо бутылки из батометра (в последнем случае резиновую трубку сифона погружают примерно до половины высоты водяного столба в бутылки). Сразу после заполнения склянки производят фиксацию кислорода, как описано ниже.

Отбор пробы для измерения концентрации РК непосредственно на водоеме выполняют следующим образом.



- Отберите пробу воды в склянку с мешалкой, заполняя водой весь объем склянки.



### Проведение анализа:

#### А. Фиксация кислорода в пробе



1. Введите в склянку разными пипетками 1 мл раствора соли марганца, затем 1 мл раствора йодида калия и 1–2 капли раствора сульфаминовой кислоты, после чего закройте склянку пробкой. Если вода не содержит нитритов или их содержание менее 0,05 мг/л, раствор сульфаминовой кислоты можно не добавлять. Однако концентрация нитритов, как правило, неизвестна, поэтому мы рекомендуем добавлять сульфаминовую кислоту при каждом анализе.

2. Перемешайте содержимое склянки с помощью имеющейся внутри мешалки, держа склянку в руке. Дайте отстояться образующемуся осадку не менее 10 мин. Примечание. Склянку с фиксированной пробой можно хранить в затемненном месте не более 1 суток.

Таким образом, на этом этапе производится фиксация, т.е. количественное связывание, кислорода в пробе. Фиксация РК, являющегося неустойчивым компонентом в составе воды, должна быть проведена сразу после отбора пробы.

#### В. Титрование



3. Введите в склянку пипеткой 2 мл раствора серной кислоты, погружая пипетку до осадка (не взмучивать!) и постепенно поднимая ее вверх по мере опорожнения. 4.

4. Склянку закройте пробкой и содержимое перемешайте до растворения осадка.

5. Содержимое склянки полностью перенесите в коническую колбу на 250 мл.

Примечание. Определение концентрации РК в воде можно выполнять путем титрования части пробы. При этом в колбу на 100 мл цилиндром переносят 50,0 мл пробы с растворенным осадком. Дальнейшие операции проводят, как описано ниже, для

6. В наберите окраски. синее) и



бюретку (пипетку), закрепленную в штативе из состава комплекта, 10 мл раствора тиосульфата и титруйте пробу до слабо желтой. Затем добавьте пипеткой 1 мл раствора крахмала (раствор в колбе продолжайте титрование до полного обесцвечивания раствора.



7. Определите общий объем раствора тиосульфата, израсходованный на титрование (как до, так и после добавления раствора крахмала). При наличии в анализируемой воде мешающих примесей (взвешенных и окрашенных веществ, восстановителей, железа в концентрациях более 1 мг/л) выполняют специальную обработку пробы (подробно описано в паспорте на комплект «Растворенный кислород»). Далее пробой заполняют кислородную склянку, выполняют фиксацию и титрование, как описано выше.

Таким образом, на этапе титрования мы получаем общий объем раствора тиосульфата, который пропорционален концентрации растворенного кислорода. Далее переходим к вычислению результатов анализа.

### Вычисление результатов анализа

В случае титрования всего количества раствора в кислородной склянке массовую концентрацию РК в анализируемой пробе воды (СРК) в мг/л рассчитайте по формуле:

$$C_{PK} = \frac{8 \times C_T \times V_T \times 1000}{V - V_1}$$

где: 8 – эквивалентная масса атомарного кислорода;

$C_T$  – концентрация титрованного стандартного раствора тиосульфата, моль/л экв.;

$V_T$  – общий объем раствора тиосульфата, израсходованного на титрование (до и после добавления раствора крахмала), мл;

$V$  – внутренний объем калиброванной кислородной склянки с закрытой пробкой (определяется заранее для каждой склянки отдельно), мл;

$V_1$  – суммарный объем растворов хлорида марганца и йодида калия, добавленных в склянку при фиксации РК, а также мешалки, мл (рассчитывается как  $V_1 = 1 + 1 + 0,5 = 2,5$  мл);

1000 – коэффициент пересчета единиц измерения из г/л в мг/л.

Примечание. Принимается, что потери растворенного кислорода в фиксированной форме при сливе излишков жидкости из склянки и при выполнении других операций много меньше результата измерений (пренебрежимо малы).

В случае титрования части пробы (50,0 мл) в кислородной склянке, массовую концентрацию РК в анализируемой пробе воды (СРК в мг/л) рассчитывают по формуле:

$$C_{PK} = \frac{8 \times C_T \times V_T \times 1000}{50 \times (V - V_1)}$$

*Пример расчета концентрации растворенного кислорода в воде.*

При общем объеме раствора тиосульфата, израсходованного на титрование, равном 4,7 мл, концентрации раствора тиосульфата 0,02 ммоль/л экв. и объеме кислородной склянки 102,5 мл **содержание растворенного кислорода рассчитывается как:**

$$C_{PK} = \frac{4,7 \times 0,02 \times 8 \times 1000}{102,5 - 2,5} = 7,52 \text{ мг/л.}$$

Для определения степени насыщения воды кислородом по табл. 1 определите величину концентрации насыщенного раствора кислорода в воде (СН, мг/л), исходя из температуры воды, зафиксированной в момент отбора пробы.

Далее рассчитайте **степень насыщения воды кислородом (R)** в % с учетом фактической величины атмосферного давления по формуле:

$$R = \frac{C_{PK} \times 100 \times 760}{C_H \times P}$$

где: 100 – коэффициент пересчета единиц измерения из мг/л в %;

760 – нормальное атмосферное давление, мм рт. ст.;

$C_H$  – величина концентрации насыщенного раствора кислорода для условий отбора, определенная по табл. 13.

$P$  – фактическая величина атмосферного давления в момент отбора пробы.

Примечание. При отсутствии данных об атмосферном давлении в момент отбора допускается его принимать равным нормальному (т.е. 760 мм рт. ст.).

Таблица 1

Зависимость равновесной концентрации кислорода в воде от температуры (атмосферное давление – 760 мм рт. ст.)

Температура °C	Равновесная концентрация растворенного кислорода (в мг/л) при изменении температуры на десятые доли °C ( $C_H$ )									
	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	13,98	13,94	13,90
2	13,86	13,82	13,79	13,75	13,71	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	12,52	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	11,82	10,80	10,77
12	10,75	10,72	10,70	10,67	10,65	10,62	10,60	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	10,22	10,19	10,17	10,15	10,12	10,10	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	9,90	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	8,11	8,08	8,07	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	7,77	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 расчета степени насыщения воды кислородом.*

При значениях  $C_{PK}=7,52$  мг/л,  $C_H=9,82$  мг/л,  $P=735$  мм рт. ст. и температуре воды в момент отбора  $16^\circ\text{C}$  степень насыщения составляет:

$$R = \frac{7,52 \times 100 \times 760}{9,82 \times 735} = 79,2 \%$$

*Контроль точности измерений*

При выполнении измерений концентрации РК в воде контроль точности необходимо проводить по поверенному (образцовому) оксиметру.

В ходе анализа мы получаем **концентрацию РК (в мг/л) и степень насыщения им воды (в %) по отношению к равновесному содержанию при данных температуре и атмосферном давлении.**

### **Определение БПК5.**

БПК – количество кислорода в миллиметрах, требуемое для окисления находящихся в 1 л воды органических веществ в аэробных условиях, без доступа света, при  $20^\circ\text{C}$ , за определенный период в результате протекающих в воде биохимических процессов. Ориентировочно принимают, что БПК5 составляет около 70% БПКполн, но может составлять от 10 до 90% в зависимости от окисляющегося вещества.

Определение БПК основано на измерении концентрации РК в пробе воды непосредственно после отбора, а также после инкубации пробы. Инкубацию пробы проводят без доступа воздуха в кислородной склянке (т.е. в той же посуде, где определяется значение РК) в течение времени, необходимого для протекания реакции биохимического окисления. Так как скорость биохимической реакции зависит от температуры, инкубацию проводят в режиме постоянной температуры  $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ , причем от точности поддержания значения температуры зависит точность выполнения анализа на БПК. Обычно определяют БПК за 5 суток инкубации (БПК5), однако содержание некоторых соединений более информативно характеризуется величиной БПК за 10 суток или за период полного окисления (БПК10 или БПКполн соответственно).

Определение концентрации растворенного кислорода при анализе воды на БПК может выполняться различными методами. Наиболее распространен для определения РК при анализе БПК метод йодометрического титрования – метод Винклера

Альтернативным методом определения БПК может быть **метод с электродным (потенциометрическим) измерением концентрации РК с помощью оксиметра**. При этом следует иметь в виду все вышеизложенные особенности БПК как показателя качества воды, а также биохимические процессы, протекающие в пробе.

### **Оборудование и реактивы:**

Оборудование, реактивы и принадлежности для определения растворенного кислорода методом Винклера (см выше); кислородные калиброванные склянки для инкубирования проб; чашки Петри; термостат-инкубатор, обеспечивающий поддержание температуры  $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ .

### **Проведение анализа:**

1. Отберите пробы воды в кислородные склянки (не менее 3 шт.) как описано в методе определения РК.

Примечание. Для получения представительной пробы отбор проб воды проводите, по возможности, на удалении от берегов, дна, водных растений и т.п., которые могут быть источниками выделений в воду органических веществ или/и микроорганизмов.

2. В первой склянке сразу же фиксируйте кислород и определите концентрацию РК.



3. Другие склянки – инкубационные (две или больше) поместите в темноте в инкубатор через водяной затвор из чашки Петри, как показано на рисунке (это воспрепятствует контакту воды в склянке с воздухом).



Примечание. Инкубации желательно подвергнуть несколько проб, т.к. в случае получения ошибочных результатов выполнить анализ повторно будет уже невозможно.

4. По истечении 5 суток инкубации в склянках определите концентрацию остаточного РК как среднее арифметическое результатов по каждой инкубационной склянке.

5. Рассчитайте значение БПК<sub>5</sub> в мг/л по формуле:

$$\text{БПК}_5 = C_1 - C_2,$$

где:  $C_1$  – концентрация РК в первоначальной пробе, мг/л;

$C_2$  – средняя концентрация РК по истечении периода инкубации, мг/л.

Таким образом, вышеописанный метод позволяет определить величину БПК<sub>5</sub> за счет вычисления разницы между концентрациями РК в первоначальной и инкубационных пробах (через 5 дней).

### **Приготовление растворов:**

#### *Раствор соли марганца.*

Раствор приготавливают в подходящей посуде из 4-водного сульфата марганца (концентрация 480 г/л) либо 4-водного хлорида марганца (концентрация 425 г/л) в дистиллированной воде.

#### *Раствор серной кислоты (1:2).*

К 20 мл дистиллированной воды постепенно при перемешивании добавляют 10 мл концентрированной серной кислоты. (Техника безопасности!)

#### *Раствор тиосульфата натрия (0,02 моль/л экв.).*

Приготавливаются из ампулы фиксаля (стандарт-титра) тиосульфата натрия («0,1 моль/л экв.»).

Для приготовления 0,02 моль/л экв. раствора тиосульфата 20,0 мл раствора с концентрацией 0,1 моль/л экв., отмеренные с помощью цилиндра, помещают в мерную колбу на 100 мл, после чего объем раствора в мерной колбе доводят до метки дистиллированной водой.

Для повышения стабильности растворов тиосульфата к ним следует добавить 10 мл амилового или изобутилового спирта (либо 1–2 мл ксилола или хлороформа) на 1 л раствора.

Растворы используют не ранее чем через 10 дней после приготовления.

В процессе использования раствора следует периодически (например, перед началом полевых работ) устанавливать точную концентрацию стандартного раствора тиосульфата методом титрования раствором бихромата калия.

#### *Раствор крахмала (0,5%).*

0,5 г растворимого крахмала размешивают с 10 мл воды до получения однородной смеси, медленно вливают при перемешивании в 90 мл кипящей воды и кипятят 2–3 мин. После охлаждения раствор консервируют добавлением 2–3 капель хлороформа. Раствор после консервации устойчив до 1 месяца при хранении в прохладном затемненном месте. При полевых работах рекомендуется использовать раствор, приготовленный перед началом работ.

#### *Раствор йодида калия щелочной.*

Раствор приготавливают, смешивая растворы (а) и (б) следующего состава:

- а) раствор 150 г йодида калия в 100 мл дистиллированной воды.

Данный раствор приготавливают с использованием йодида калия, специально очищенного от следов свободного йода;

б) раствор 500 г гидроксида натрия в 500 мл дистиллированной воды, предварительно прокипяченной и охлажденной. Объем смешанного раствора доводят в подходящей посуде до 1000 мл дистиллированной водой. (Техника безопасности!)

### **Выводы:**

Вышеперечисленные методы позволяют рассчитать концентрацию РК (в мг/л), степень насыщения им воды (в %) по отношению к равновесному содержанию при данных температуре и атмосферном давлении и величину БПК<sub>5</sub>.

После того, как вы получили результат, необходимо проанализировать, о чем он может свидетельствовать. Для этого сравните его с теми нормативами, которые являются актуальными для вашей страны. При выявлении несоответствия полученного вами значения нормам следующим шагом является поиск причин этого несоответствия.

В поверхностных водах в зависимости от типа водоема величина БПК<sub>5</sub> (БПК за 5 суток) колеблется от 0,5 до 5,0 мг/л и подвержена сезонным и суточным изменениям. Превышение показателя БПК может быть следствием антропогенного загрязнения природных вод органическими веществами. Если их источники можно идентифицировать по точкам сброса, такие источники называются локальными. Они включают в себя: целлюлозно-бумажные и лесоперерабатывающие комбинаты (лигнины), мясокомбинаты (белковые соединения), сельскохозяйственные предприятия.

Не локальные загрязнения поступают из многих источников, которые трудно идентифицировать. Они включают в себя:

- потоки дождевых и талых вод городов, которые несут загрязнения из нелегальной канализации в систему стоков для дождевых вод, фекалии кошек и собак с улиц и тротуаров;
- сельскохозяйственные стоки, которые содержат биогенные элементы с полей;
- потоки скотников, содержащие фекальные вещества.