



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



Кафедра биологии растений и химии

ХИМИЯ

**Лабораторный практикум
Лабораторная работа
Определение
биохимического потребления кислорода**



Лабораторная работа Определение биохимического потребления кислорода

Биохимическое потребление кислорода (БПК) – это количество кислорода, которое расходуется на аэробное биохимическое разложение органического вещества, содержащегося в исследуемой воде. Определяется БПК на 5-е или 10-е сутки после отбора проб воды (БПК₅ или БПК₁₀), так как считается, что за это время в водных системах заканчивается окисление легкодоступной части органического вещества при помощи микроорганизмов.

В природной воде водоемов всегда присутствуют органические вещества. Их концентрации иногда могут быть очень малы (например, в родниковых и талых водах). Природными источниками органических веществ являются разрушающиеся останки организмов растительного и животного происхождения как живших в воде, так и попавших в водоем с листья, по воздуху, с берегов и т.п. Кроме природных существуют также техногенные источники органических веществ: транспортные предприятия (нефтепродукты), целлюлозно-бумажные и лесоперерабатывающие комбинаты (лигнины), мяскокомбинаты (белковые соединения), сельскохозяйственные и фекальные стоки и т.д. Органические загрязнения попадают в водоем разными путями, главным образом, со сточными водами и дождевыми поверхностными смывами с почвы.

В естественных условиях находящиеся в воде органические вещества разрушаются бактериями, претерпевая *аэробное* биохимическое окисление с образованием двуокси углерода. При этом на окисление потребляется растворенный в воде кислород. В водоемах с большим содержанием органических веществ большая часть РК потребляется на биохимическое окисление, лишая, таким образом, кислорода другие организмы. При этом увеличивается количество организмов, более устойчивых к низкому содержанию РК, исчезают кислородолюбивые виды и появляются виды, терпимые к дефициту кислорода. Таким образом, в процессе биохимического окисления органических веществ в воде происходит уменьшение концентрации РК, и эта убыль косвенно является мерой содержания в воде органических веществ. Соответствующий показатель качества воды, характеризующий суммарное содержание в воде органических веществ, называется биохимическим потреблением кислорода (БПК).

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 ± 1)°C, при-



чем от точности поддержания значения температуры зависит точность выполнения анализа на БПК. Обычно определяют БПК за 5 суток инкубации (БПК_5). Может определяться также БПК_{10} за 10 суток и $\text{БПК}_{\text{полн}}$ за 20 суток (при этом окисляется около 90 и 99 % органических веществ соответственно), однако содержание некоторых соединений более информативно характеризуется величиной БПК за 10 суток или за период полного окисления (БПК_{10} или $\text{БПК}_{\text{полн}}$ соответственно). Погрешность в определении БПК может внести также освещение пробы, влияющее на жизнедеятельность микроорганизмов и способное в некоторых случаях вызывать фотохимическое окисление. Поэтому инкубацию пробы проводят без доступа света (в темном месте). Величина БПК увеличивается со временем, достигая некоторого максимального значения – $\text{БПК}_{\text{полн}}$, причем загрязнители различной природы могут повышать (понижать) значение БПК. Динамика биохимического потребления кислорода при окислении органических веществ в воде приведена на рис. 1.

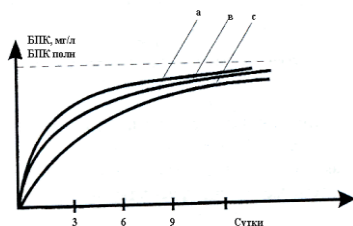


Рис. 1. Динамика биохимического потребления кислорода: а – легкоокисляющиеся («биологически мягкие») вещества – сахара, формальдегид, спирты, фенолы и т.п.; б – нормально окисляющиеся вещества – нефтепродукты, крезолы, анионогенные ПАВ и т.п.; в – тяжело окисляющиеся («биологически жесткие») вещества – неионогенные ПАВ и т.п.

Таким образом, БПК – количество кислорода (в мг), требуемое для окисления находящихся в 1 дм^3 воды органических веществ в аэробных условиях, без доступа света, при 20°C , за определенный период в результате протекающих в воде биохимических процессов. Ориентировочно принимают, что БПК_5 составляет около 70 % $\text{БПК}_{\text{полн}}$, но может составлять от 10 до 90 % в зависимости от окисляющегося вещества.

Если в пробе очень много органических веществ, к ней добавляют разбавляющую воду. Для достижения максимальной точности анализа БПК анализируемая проба или смесь пробы с разбавляющей водой должна содержать такое количество кислорода, чтобы во время инкубационного периода произошло снижение его концентрации на 2 мг/дм^3 и более, причем остающаяся концентрация кислорода спустя 5 суток инкубации должна составлять не менее 3 мг/дм^3 . Если же содержание РК в воде недостаточно, то пробу воды предварительно *азрируют* для насыщения кисло-



родом воздуха (для определения БПК необходимым фактором является не абсолютное количество РК в начале окисления, а достаточное его количество для окисления органических соединений. При этом после окисления остаточная концентрация РК в воде также должна иметь измеряемое значение). Наиболее правильным (точным) считается результат такого определения, при котором израсходовано около 50 % первоначально присутствующего в пробе кислорода.

В поверхностных водах величина БПК₅ находится в пределах от 0,5 до 5,0 мг/дм³; она подвержена сезонным и суточным колебаниям, которые, в основном, зависят от изменения температуры, физиологической и биохимической активности микроорганизмов. Весьма значительны изменения БПК₅ природных водоемов при загрязнении сточными водами. Норматив на БПК_{полн} не должен превышать: для водоемов хозяйственно-питьевого водопользования – 3 мг/дм³, для водоемов культурно-бытового водопользования – 6 мг/дм³. Соответственно можно оценить предельно допустимые значения БПК₅ для тех же водоемов, равные примерно 2 и 4 мг/дм³.

Оборудование и реактивы. Кислородные склянки или мерные колбы с притертыми пробками емкостью 100–200 см³; аналитические весы; посуда емкостью на 2 литра; пипетки на 1, 10, 15, 50 см³; бюретка на 25 см³, термостат, раствор MnCl₂ · 4H₂O (210 г соли в 200 см³ воды), щелочной раствор иодистого калия (15 г KI растворяют в 20 см³ дистиллированной воды, 50 г NaOH в 50 см³ воды), раствор соляной кислоты (3:1), раствор крахмала 0,5 % (0,5 г крахмала в 100 см³ воды), 0,02 н. раствор Na₂S₂O₃ (5 г соли в 1 дм³ воды).

Выполнение анализа. Отбираются одновременно две пробы исследуемой воды. В одной из них сразу же определяется содержание кислорода по описанной выше методике. Другая проба переливается в бутылку, занимая объём на 2/3. Образец воды подогревается до 20°С и сильно встряхивается в течение 5 минут для насыщения кислородом. После этого проба переносится в мерную колбу на 200–250 см³, закрывается притертой пробкой и помещается в термостат при температуре 20° С на 5 суток.

По истечении указанного времени в пробе определяется оставшийся кислород.

Вычисление. Расчет БПК выполняется по разности между исходным и оставшимся количеством растворенного в воде кислорода:

$$C_x = C_{x_1} - C_{x_2},$$

где C_x – БПК₅, мг/дм³; C_{x_1} – исходное содержание растворенного кислорода в воде, мг/дм³;

C_{x_2} – остаточное содержание растворенного кислорода в воде, мг/ дм³.

По дополнительной шкале делается окончательный вывод о состоянии воды в исследуемом водоеме (табл.1).



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



Таблица 1. Шкала оценки кислородного режима

Качество воды	Содержание кислорода в воде, мг/дм ³
Очень чистая	0,5 – 1
Чистая	1,1 – 1,9
Умеренно грязная	2,0 – 2,9
Загрязненная	3,0 – 3,9
Грязная	4 – 10
Очень грязная	Более 10



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



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