

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

---

Кафедра «Экология»

ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНЫХ ОСАДКОВ  
НА СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОЕМОВ

Методические указания  
к проведению лабораторной работы  
по дисциплине «Основы экологии»

Минск  
БНТУ  
2010

УДК 502.51:551.577.13 (076.5) (076.8)

ББК 28.082я7

В 57

Составители:

*С.С. Мартынюк, Н.В. Сидорская, Ю.С. Лободенко*

Рецензент

*В.И. Глуховский*, заведующий НИЛ «Экопром»,  
канд. техн. наук

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Основы экологии» студентами всех специальностей БНТУ. Приводятся краткие теоретические сведения по влиянию кислотных осадков на состояние воды поверхностных водоемов, методика определения показателя рН воды и вопросы для самоконтроля.

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры экологии БНТУ и рекомендованы к утверждению.

## ВВЕДЕНИЕ

По обеспеченности водными ресурсами Беларусь находится в сравнительно благоприятных условиях. Имеющиеся ресурсы природных вод вполне достаточны для удовлетворения как современных, так и перспективных потребностей страны в воде. На 1 жителя Беларуси приходится 3 тыс. м<sup>3</sup> в год. Централизованное водоснабжение городов, городских и сельских поселков и промышленных предприятий республики базируется на использовании как пресных, так и подземных вод.

Состояние водных экосистем в Республике Беларусь в течение последних лет является стабильным.

Организация в республике системы управления водными ресурсами на основе рационального сочетания административного, технического и технологического принципов имеет важнейшее значение для перехода на модель устойчивого развития.

Для контроля качества речных вод в рамках ведения Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь проводится регулярный контроль, включая трансграничный мониторинг.

Сформирована сеть пунктов наблюдения за состоянием поверхностных вод на трансграничных участках рек Беларуси, в том числе: в бассейне реки Западная Двина – 4; реки Неман – 5, реки Западный Буг – 11 пунктов. Определен перечень параметров и установлена периодичность проведения наблюдений за состоянием поверхностных вод.

Ежегодно проводимая оценка состояния поверхностных водных объектов свидетельствует о том, что реки и озера Балтийского бассейна Беларуси характеризуются как чистые (10–21 %), относительно чистые (66–93 %) и умеренно загрязненные (4–40 %).

На основе адаптации международных стандартов ISO разработано 15 государственных стандартов, регламентирующих проведение отбора проб и измерения более 80 показателей состояния поверхностных вод.

# 1. КИСЛОТНЫЕ ОСАДКИ

## 1.1. Определение кислотных осадков и основные источники кислотообразующих выбросов

Кислотные осадки представляют собой различные виды атмосферных осадков (дождь, снег, туман, роса), рН которых меньше, чем среднее значение рН дождевой воды, приблизительно равное 5,6.

Впервые термин «кислотный дождь» был введен в 1872 г. английским исследователем Ангусом Смитом.

Дождь обычно имеет слегка кислую реакцию, поскольку содержащийся в воздухе диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ) вступает в химическую реакцию с дождевой водой, образуя слабую угольную кислоту. Теоретически такой «чистый», слабокислотный дождь должен иметь рН 5,6, что соответствует равновесию между  $\text{CO}_2$  воды и  $\text{CO}_2$  атмосферы. Однако из-за постоянного присутствия в атмосфере различных веществ дождь никогда не бывает абсолютно «чистым», и его рН варьирует от 4,9 до 6,5 со средним значением около 5,0 для зоны умеренных лесов.

Главные кислотообразующие выбросы в атмосферу диоксида серы  $\text{SO}_2$  (сернистый ангидрид, или сернистый газ) и оксиды азота  $\text{NO}_x$  (монооксид, или оксид азота  $\text{NO}$ , диоксид азота  $\text{NO}_2$  и др.), а также хлор и фтороводород.

Природными источниками поступления диоксида серы в атмосферу являются главным образом вулканы и лесные пожары. Общее количество диоксида серы антропогенного происхождения в атмосфере сейчас значительно превышает его естественное поступление и составляет в год около 100 млн т (для сравнения: природные выбросы  $\text{SO}_2$  в год равны примерно 20 млн т). Диоксид серы образуется при сжигании богатого серой горючего, такого, как уголь и мазут (содержание серы в них колеблется от 0,5 до 5–6 %), на электростанциях (~40 % антропогенного поступления в атмосферу), в металлургических производствах, при переработке содержащих серу руд, при различных химических

технологических процессах и работе ряда предприятий машиностроения (~50 %). При сжигании каждого миллиона тонн угля выделяется около 25 тыс. т серы в виде, главным образом, ее диоксида (до триоксида окисляется менее 3 % серы), в 4–5 раз меньше окисленной серы дает сжигание мазута.

Природные поступления в атмосферу оксидов азота связаны, главным образом, с электрическими разрядами, при которых образуется NO, впоследствии – NO<sub>2</sub>. Значительная часть оксидов азота природного происхождения перерабатывается в почве микроорганизмами, т.е. включена в биохимический круговорот. Оксиды азота техногенного происхождения образуются при сгорании топлива, особенно если температура превышает 1000 °С. Первоначально образующийся оксид азота составляет лишь 10 % выбросов всех оксидов азота в атмосферу, однако в воздухе значительная часть оксида азота превращается в диоксид – гораздо более опасное соединение. При высокотемпературном сгорании органического природного топлива происходят реакции двух типов: между кислородом воздуха и азотом, содержащимся в топливе (в угле содержание азота составляет в среднем около 1 %, в нефти и газе – 0,2–0,3 %), и между кислородом воздуха и азотом, также содержащимся в воздухе. Техногенные мировые выбросы оксидов азота в атмосферу составляют в год около 70 млн т (природные выбросы оксидов азота, по некоторым оценкам, равны в год 700 млн т). Суммарные же антропогенные выбросы оксидов азота в атмосферу значительно больше. Дополнительный источник таких выбросов – сельское хозяйство, интенсивно использующее химические удобрения, в первую очередь содержащие соединения азота. Вклад этой отрасли мирового хозяйства в загрязнение атмосферы оксидами азота учесть достаточно трудно. По некоторым данным, поступление оксидов азота в атмосферу с сельскохозяйственных полей сопоставимо с промышленными выбросами. Главный источник техногенных оксидов азота в атмосфере – автотранспорт и другие виды моторного транспорта (около 40 %).

## 1.2. Механизм образования кислотных осадков

Диоксид серы, попавший в атмосферу, претерпевает ряд химических превращений, ведущих к образованию кислот. Частично диоксид серы в результате фотохимического окисления превращается в триоксид серы (серный ангидрид)  $\text{SO}_3$ , который реагирует с водяным паром атмосферы, образуя аэрозоли серной кислоты:



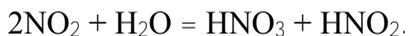
Основная часть выбрасываемого диоксида серы во влажном воздухе образует сернистую кислоту, которую изображают условной формулой  $\text{H}_2\text{SO}_3$ :



Сернистая кислота во влажном воздухе постепенно окисляется до серной:



Аэрозоли серной и сернистой кислот приводят к конденсации водяного пара атмосферы и становятся причиной кислотных осадков (дожди, туманы, снег). При сжигании топлива образуются легко растворимые в воде твердые микрочастицы сульфатов металлов (в основном при сжигании угля), которые осаждаются на почву и растения, делая кислотными росы. Аэрозоли серной и сернистой кислот составляют около 2/3 кислотных осадков, остальное приходится на долю аэрозолей азотной и азотистой кислот, образующихся при взаимодействии диоксида азота с водяным паром атмосферы:



Существуют еще два вида кислотных дождей, которые пока не отслеживаются мониторингом атмосферы. Находящийся

в атмосфере хлор (выбросы химических предприятий; сжигание отходов; фотохимическое разложение фреонов, приводящее к образованию радикалов хлора) при соединении с метаном (источники поступления метана в атмосферу: антропогенный – рисовые поля, а также результат таяния гидрата метана в вечной мерзлоте вследствие потепления климата) образует хлороводород, хорошо растворяющийся в воде с образованием аэрозолей соляной кислоты:



Очень опасны выбросы фтороводорода (производство алюминия, стекольное), который хорошо растворяется в воде, что приводит к появлению в атмосфере аэрозолей плавиковой кислоты.

### **1.3. Влияние кислотных осадков на поверхностные водоемы**

Результатом выпадения кислотных осадков является сильное изменение кислотности водоемов и почв. В первую очередь повышение кислотности сказывается на состоянии пресноводных водоемов и лесов.

#### *Закисление пресных вод*

Закисление пресных вод – это потеря ими способности к нейтрализации. Закисление, как правило, вызывают сильные кислоты такие, как серная и азотная. На протяжении длительного периода более важную роль играют сульфаты, но во время эпизодических явлений (таяние снега) сульфаты и нитраты действуют совместно.

Процесс закисления водоемов можно условно разделить на 3 фазы:

1. Убыль ионов гидрокарбоната, т.е. уменьшение способности к нейтрализации при неизменяющемся значении pH.

2. Снижение рН при уменьшении количества ионов гидрокарбоната. Значение рН тогда падает ниже 5,5. Наиболее чувствительные виды живых организмов начинают погибать уже при рН 6,5.

3. При рН 4,5 кислотность раствора стабилизируется. В этих условиях она регулируется реакцией гидролиза алюминия. В такой среде способны жить только немногие виды насекомых, растительный и животный планктон, а также белые водоросли.

#### **1.4. Мероприятия по снижению кислотообразующих выбросов**

Для разрешения проблемы кислотных дождей необходимо уменьшить выбросы двуокиси серы и окиси азота в атмосферу. Этого можно достичь несколькими методами, в том числе путем сокращения потребления энергии, получаемой человеком при сжигании ископаемого топлива, и увеличения количества электростанций, использующих альтернативные источники энергии (энергию солнечного света, ветра, энергию приливов и отливов). Другие возможности для уменьшения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу это:

1. Снижение содержания серы в различных видах топлива. Наиболее приемлемым решением было бы использование только тех видов топлива, которые содержат минимальные количества соединений серы. Однако таких видов топлива очень мало. Только 20 % из всех мировых запасов нефти имеют содержание серы менее 0,5 %. И в будущем, к сожалению, содержание серы в используемом топливе будет увеличиваться, т.к. нефть с низкими содержаниями серы добывается ускоренными темпами. Также дело обстоит и с ископаемыми углями. Удаление серы из состава топлива – очень дорогой процесс в финансовом плане, к тому же удастся вывести из состава топлива не более 50 % соединений серы, что является недостаточным количеством.

2. Применение высоких труб. Данный метод не уменьшает воздействия на окружающую среду, но увеличивает эффективность перемешивания загрязняющих веществ в более высоких слоях атмосферы, что приводит к выпадению кислотных осадков на более удаленных территориях от источника загрязнения. Данный метод уменьшает воздействие загрязнений на местные экосистемы, но увеличивает опасность кислотных дождей в более удаленных регионах. Кроме того, данный метод является очень безнравственным, т.к. страна, в которой происходят эти выбросы, переносит часть последствий на другие государства.

3. Технологические изменения. Количество оксидов азота  $\text{NO}_x$ , которое образуется при горении, зависит от температуры процесса. Чем ниже температура горения, тем меньше возникает оксида азота, к тому же количество  $\text{NO}_x$  зависит от времени нахождения топлива в зоне горения с избытком воздуха. Таким образом, соответствующие изменения технологий могут сократить количество выбросов. Сокращение выбросов двуокиси серы можно получить в результате очистки конечных газов от серы.

4. Известкование. Для уменьшения закисления озер и почв в них добавляют щелочные вещества ( $\text{CaCO}_3$ ). Данная операция очень часто применяется в скандинавских странах, где известь распыляют с вертолетов на почву или на водосборную территорию.

## 2. ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ

### 2.1. Факторы формирования рН

Содержание водородных ионов рН (*power Hidrogen* – сила водорода) в природных водах в основном определяется количественным соотношением концентраций угольной кислоты и ионов угольной кислоты. В воде угольная кислота диссоциирует:



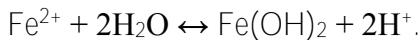
поэтому воды, содержащие большое количество растворенной двуокиси углерода, имеют кислую реакцию. При диссоциации гидрокарбонатов  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  также образуются ионы  $\text{HCO}_3^-$ . Увеличение их концентрации ведет к увеличению рН вследствие гидролиза:



Для поверхностных вод, содержащих небольшие количества двуокиси углерода, характерна щелочная реакция. Изменения величины рН тесно связаны с процессами фотосинтеза (из-за потребления  $\text{CO}_2$  водной растительностью) и распада органических веществ.

Источником ионов водорода являются также гумусовые кислоты, присутствующие в кислых почвах, перегное и болотных водах.

Гидролиз солей тяжелых металлов имеет значение в тех случаях, когда в воду попадает значительное количество сульфатов железа, алюминия, меди и других металлов. В результате гидролиза выделяются ионы водорода:



Этот процесс характерен для вод шахт и рудников.

В водах, связанных с вулканической активностью, величина рН бывает очень низкой из-за присутствия свободных сильных кислот. Сильные кислоты и основания могут содержаться в больших количествах в сточных водах промышленных предприятий.

## 2.2. Величина рН в поверхностных водоемах

В зависимости от величины водородного показателя рН воды условно можно разделить на несколько групп (табл. 1).

Таблица 1

### Классификация вод в зависимости от уровня рН воды

Воды	Величина рН
Сильнокислые	< 3
Кислые	3–5
Слабокислые	5–6,5
Нейтральные	6,5–7,5
Слабощелочные	7,5–8,5
Щелочные	8,5–9,5
Сильнощелочные	> 9,5

Величина концентрации ионов водорода (рН) в речных водах обычно колеблется в пределах 6,5–8,5, атмосферных осадках 4,6–6,1, болотах 5,5–6, океане 7,9–8,3. рН воды шахт и рудников достигает иногда единицы, а содовых озер и термальных источников десяти. Концентрация ионов водорода подвержена сезонным колебаниям. Зимой величина рН для большинства речных вод составляет 6,8–7,4, летом 7,4–8,2.

### 2.3. Свойства и цели наблюдения

рН воды – один из важнейших показателей качества вод. Величина концентрации ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах. От величины рН зависит развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, агрессивное действие воды на металлы и бетон.

Контроль за уровнем рН особенно важен на всех стадиях водоочистки, так как его изменение в ту или иную сторону может не только существенно сказаться на запахе, привкусе и внешнем виде воды, но и повлиять на эффективность водо-

очистных мероприятий. Оптимальная требуемая величина рН варьируется для различных систем водоочистки в соответствии с составом воды, характером материалов, применяемых в системе распределения, а также в зависимости от применяемых методов водообработки.

Обычно уровень рН находится в пределах, при которых он непосредственно не влияет на потребительские качества воды. Поэтому Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) не предлагает какой-либо рекомендуемой по медицинским показателям величины для рН. Вместе с тем известно, что при низком рН вода обладает высокой коррозионной активностью, а при высоких уровнях ( $\text{pH} > 11$ ) вода приобретает характерную мылкость, неприятный запах, а также способна вызывать раздражение глаз и кожи. Именно поэтому для питьевой и хозяйственно-бытовой воды оптимальным считается уровень рН в диапазоне от 6 до 9.

#### **2.4. Влияние рН на организмы-гидробионты**

Разнообразие организмов-гидробионтов, освоивших области обитания водной среды жизни, очень велико. Большинство организмов не выносят колебаний величины рН. Обмен веществ у них осуществляется лишь в среде со строго определенным режимом кислотности-щелочности.

Уровень рН пресных природных вод редко бывает теоретически нейтральным, т.е. равным 7. Чаще всего рН чистой воды колеблется от 6,9 до 5,6. В природе приведенное выше равновесие в чистом виде не существует, т.к. на природные воды действуют многочисленные факторы: температура, давление, содержание в атмосфере кислорода, аммиака, диоксида и триоксида серы, азота, состав пород, по которым протекает река или расположено озеро. рН сравнительно легко измерить, поэтому его изучили во многих водных местообитаниях. Если рН не приближается к крайнему значению (от 6,5 до 8,5), то сообщества способны компенсировать изменения этого фактора.

Толерантность сообщества к диапазону рН, встречающемуся в природе, весьма значительна. Так как изменение рН пропорционально изменению количества  $\text{CO}_2$ , то рН может служить индикатором скорости общего метаболизма сообщества (фотосинтеза и дыхания). В воде с низким рН содержится мало биогенных элементов, в связи с чем продуктивность здесь мала. рН сказывается и на распределении водных организмов.

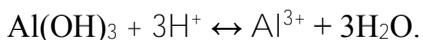
Водяные растения лучше всего растут в воде со значениями рН между 7 и 9,2. С увеличением кислотности (показатели рН удаляются влево от точки отсчета 7) водяные растения начинают погибать, лишая других животных водоема пищи. Растения, растущие в воде с рН ниже 7,5 – *Isoetes* и *Sparganium*, от 7,7 до 8,8 – *Potamogeton* и *Elodea canadensis*, от 8,4 до 9,0 – *Typha angustifolia*. Развитие сфагновых мхов стимулируют кислые воды торфяников, в которых очень редки моллюски, ввиду отсутствия извести, зато часто встречаются личинки двукрылых из рода *Chaoborus*. При кислотности ниже 6 погибают пресноводные креветки.

Когда кислотность повышается до 5,5, погибают донные бактерии, которые разлагают органические вещества и листья, и органический мусор начинает скапливаться на дне. Затем гибнет зоопланктон – крошечное животное, которое составляет основу пищевой цепи водоема и питается веществами, образующимися при разложении бактериями органических веществ.

Рыбы выносят рН в пределах от 5,0 до 9,0, но некоторые виды способны приспосабливаться к значению рН до 3,7. В табл. 2 указаны основные величины рН для пресноводных рыб Европы.

При рН > 10 вода губельна для всех рыб. Максимальная продуктивность вод приходится на рН между 6,5 и 8,5. Особенно чувствительны к изменению рН среды икра рыб и мальки.

Кроме того, при повышении кислотности воды в ней быстро нарастает содержание алюминия за счет взаимодействия гидроксида алюминия придонных пород с кислотой:



Даже небольшая концентрация ионов алюминия (0,2 мг/л) смертельна для рыб. В то же время фосфаты, обеспечивающие развитие фитопланктона и другой водной растительности, соединяясь с алюминием, становятся малодоступными этим организмам.

Повышение кислотности приводит также к появлению в воде высокотоксичных ионов тяжелых металлов – кадмия, свинца и других, которые прежде входили в состав нерастворимых в воде соединений и не представляли угрозы живым организмам.

Таблица 2

Значения pH для пресноводных рыб Европы

pH	Характер воздействия на пресноводных рыб
3,0–3,5	Гибельно для рыб; выживают некоторые растения и беспозвоночные
3,5–4,0	Гибельно для лососевых рыб; плотва, окунь, щука могут выжить после акклиматизации
4,0–4,5	Гибельно для многих рыб, размножается только щука
4,5–5,0	Опасно для икры лососевых рыб
5,0–9,0	Область, пригодная для жизни
9,0–9,5	Опасно для окуня и лососевых рыб в случае длительного воздействия
9,5–10,0	Вредно для развития некоторых видов, гибельно для лососевых при большой продолжительности воздействия
10,0–10,5	Переносится плотвой в течение очень короткого времени
10,5–11,5	Смертельно для всех рыб

## 2.5. Методы определения и способы выражения концентраций

Произведение концентраций водородных и гидроксильных ионов в химически чистой воде является постоянной величиной, равной  $10^{-14}$  при  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Оно остается неизменным и в присутствии веществ, диссоциирующих на водородные или гидроксильные ионы.

В чистой воде концентрации этих ионов равны  $10^{-7}$  мг-экв/л, что соответствует нейтральному состоянию раствора. В кислых же растворах  $[\text{H}^+] > 10^{-7}$  мг-экв/л, а в щелочных  $[\text{H}^+] < 10^{-7}$  мг-экв/л.

Для удобства выражения содержания водородных ионов была введена величина, представляющая собой логарифм их концентрации, взятый с обратным знаком. Эта величина называется водородным показателем и обозначается рН:

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}, \quad \text{pH} = -\lg[\text{H}^+].$$

Если учесть, что свойства растворов зависят от активностей находящихся в них ионов, то

$$\text{pH}_a = -\lg a_{\text{H}^+},$$

где  $a_{\text{H}^+}$  – активность ионов водорода.

В разбавленных растворах значения концентрации и активности совпадают и только при высокой минерализации могут быть значительные расхождения.

Методы определения рН могут быть различными. Для этой цели широко используются индикаторы, более точные определения рН производятся потенциометрическим и колориметрическим методами.

Индикаторы – вещества, которые меняют свою окраску в той или иной области значений рН. Например, метиловый оранжевый меняет окраску от красной к желтой при рН от 3,1 до 4,4; фенолфталеин от бесцветной к малиновой при рН от

8,3 до 9,8. Изменение окраски индикаторов в зависимости от рН представлены в табл. 3.

Таблица 3

Зависимость между рН и окраской различных индикаторов

рН	3,1	–	4,4	8,2	–	10,0
Метилловый оранжевый	Крас- ный	Оранже- вый	Жел- тый			
Фенолфта- леин				Бесцвет- ный	Розо- вый	Малино- вый

Прибавляя тот или иной индикатор к испытуемому раствору, можно с помощью эталонных растворов с тем же индикатором и известным рН установить рН исследуемого раствора путем сравнения окрасок обоих растворов.

Универсальный индикатор представляет собой смесь индикаторов с зонами перехода, последовательно охватывающими широкую область рН от кислых до щелочных значений, от рН = 1 до рН = 10.

Колориметрический метод отличается большой простотой. Однако этот метод недостаточно точен, требует введения солевых и температурных поправок, дает значительную погрешность при очень малой минерализации исследуемой воды (менее 30 мг/л) и при определении рН окрашенных и мутных вод. Метод нельзя применять для вод, содержащих сильные окислители или восстановители. Используется обычно в экспедиционных условиях и для ориентировочных определений.

Потенциометрический метод со стеклянным индикаторным электродом намного точнее, лишен в значительной мере всех вышеперечисленных недостатков, но требует оборудования лабораторий специальными приборами (рН-метрами), соответствующими источниками тока.

Схема измерения величины рН раствора показана на рисунке.

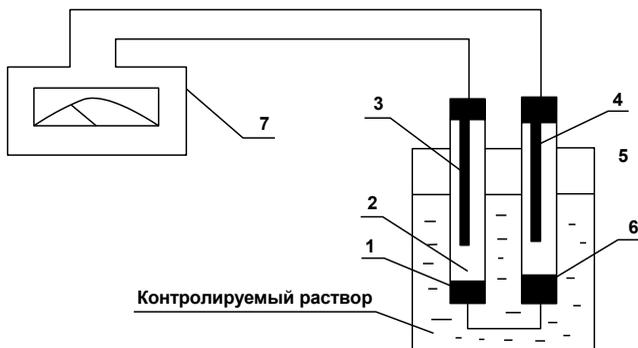


Схема измерения величины рН раствора:

- 1 – полый шарик из электродного (литиевого) стекла; 2 – стеклянный электрод;
- 3 – внутренний контактный электрод; 4 – вспомогательный электрод;
- 5 – электролитический ключ; 6 – пористая перегородка; 7 – рН-метр рН-673

При погружении электрода в раствор между поверхностью шарика стеклянного электрода и раствором происходит обмен ионами, в результате которого ионы лития в поверхностных слоях замещаются ионами  $H^+$  и стеклянный электрод приобретает свойства водородного электрода. Между поверхностью стекла и контрольным раствором возникает разность потенциалов, величина которой определяется концентрацией ионов  $H^+$  в растворе и температурой раствора.

В настоящее время выпускаются рН-метры, работающие от сухих элементов или аккумуляторов. Это позволяет использовать их не только в лабораториях, но и в полевых условиях.

Кроме стеклянного электрода, для определения величины рН применяются также водородный, хингидронный, сурьмяный и другие электроды. Однако широкого распространения в гидрохимических исследованиях они не получили.

## 2.6. Отбор и хранение проб

Величину рН при анализе вод определяют в свежееотобраных пробах. Длительное хранение проб не допускается. Пробу отбирают в чистую полиэтиленовую бутылку, предварительно ополоснув ее 2–3 раза исследуемой водой.

## 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### **Цель работы:**

1. Освоить методику измерения рН водных источников.
2. Отметить значения рН для водных организмов.
3. Оценить воздействие кислотных осадков на поверхностные водоемы.
4. Оценить качество исследованных водоемов для гидробионтов на основе показателя рН.

Для проведения исследования необходимо:

1. Провести измерение рН пробы воды одного из поверхностных водоемов предложенными способами (опыты 1, 2, 3).
2. Провести измерение рН (опыты 1, 2, 3) пробы кислотного осадка.
3. Смоделировать ситуацию выпадения кислотного дождя и попадания его в исследуемый водоем. Для этого в коническую колбу нужно прилить 50 мл пробы исследуемого водоема. Затем в колбу добавить 20 мл пробы кислотного осадка. Полученную пробу перемешать. Провести измерение рН (опыты 1, 2, 3) пробы воды после выпадения кислотного дождя.

### ***Опыт 1. Определение рН при помощи индикаторов***

Определите окраску индикаторов в пробе воды.

Для этого налейте в пробирку по 1 мл растворов и добавьте 1–2 капли фенолфталеина. Опыт повторите с использованием индикатора метилового оранжевого. Результаты наблюдений запишите в табл. 4, используя данные табл. 3.

### ***Опыт 2. Приближенное определение рН раствора с помощью универсальной индикаторной бумаги***

Для приближенного определения рН раствора пользуются универсальной индикаторной бумагой, или универсальными индикаторами, представляющими собой смесь нескольких индикаторов с различными областями перехода. По прилагаемой к универсальной индикаторной бумаге цветной шкале устанавливают, при каких значениях рН индикаторная бумага окрашивается в тот или иной цвет.

Стеклянной палочкой (или пипеткой) нанесите 2–3 капли исследуемого раствора на универсальную индикаторную бумагу, сравните окраску еще сырого пятна с цветной шкалой. Результаты наблюдений внесите в табл. 4.

### ***Опыт 3. Потенциометрическое определение рН***

Метод предназначен для определения содержания ионов водорода в широком диапазоне рН (от 0 до 14) и температур (от 0 до 100 °С).

Прежде чем приступить к выполнению работы необходимо включить в сеть рН-метр и прогреть его в течение 15–20 мин.

В высокий стеклянный стакан приливают 100 мл пробы. В пробу опускают систему электродов таким образом, чтобы шарик стеклянного электрода полностью находился под водой (в качестве индикаторного электрода служит стеклянный, а электродом сравнения – хлорсеребряный).

Для измерения рН раствора на панели рН-метра включают кнопки: «анионит» и «Рх» в левом ряду кнопок и кнопку шкалы в интервале рН от –1 до 19 в правом ряду. Значение рН раствора определяют по положению стрелки на шкале.

Перед каждым погружением в контрольный раствор электроды надо тщательно промыть дистиллированной водой и удалить с поверхности избыток воды фильтровальной бумагой.

Отсчет величины рН по шкале прибора следует производить после того, как показания примут установившееся значение.

Результаты измерений также внести в табл. 4.

Таблица 4

## Результаты измерения

№ измерения	Фенолфталеин		Метиловый оранжевый		Универсальный индикатор		рН по показанию рН- метра
	окраска	рН	окраска	рН	окраска	рН	
<i>проба до выпадения кислотного дождя</i>							
1							
<i>проба кислотного дождя</i>							
2							
<i>проба после выпадения кислотного дождя</i>							
3							

После таблицы необходимо сделать вывод о влиянии кислотных осадков на кислотность водоема, а также о качестве исследованных водоемов для организмов-гидробионтов до и после выпадения кислотного дождя на основе показателя рН.

#### 4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое кислотные осадки? Причины возникновения кислотных осадков.
2. Перечислите мероприятия по снижению кислотосодержащих выбросов.
3. Что такое «водородный показатель»?
4. Какими методами можно определить величину рН?

5. Как влияет изменение рН на организмы-гидробионты?
6. При каких показателях рН продуктивность водоема будет максимальной?
7. Какие значения рН вызывают гибель водных организмов?

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Водные ресурсы Республики Беларусь, их использование и качество вод / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь; сост.: А.Н. Колобаев, Е.М. Минченко, С.А. Дубенок. – Минск: [б. и.], 2002. – 23 с.
2. Маврищев, В.В. Основы общей экологии / В.В. Маврищев. – Минск: Вышэйшая школа, 2000. – 317 с.
3. Киселев, В.Н. Основы экологии: / В.Н. Киселев – Минск: Вышэйшая школа, 2002. – 383 с.: ил.
4. Хорват, Л. Кислотный дождь / Л. Хорват. – М.: Стройиздат, 1990. – 78 с.
5. Радкевич, В.А. Экология / В.А. Радкевич. – Минск: Вышэйшая школа, 1998. – 159 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ. . . . .	3
1. КИСЛОТНЫЕ ОСАДКИ. . . . .	4
1.1. Определение кислотных осадков и основные источники кислотообразующих выбросов. . . . .	4
1.2. Механизм образования кислотных осадков. . . . .	6
1.3. Влияние кислотных осадков на поверхностные водоемы. . . . .	7
1.4. Мероприятия по снижению кислотообразующих выбросов. . . . .	8
2. ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ. . . . .	9
2.1. Факторы формирования рН. . . . .	9
2.2. Величина рН в поверхностных водоемах. . . . .	10
2.3. Свойства и цели наблюдения. . . . .	11
2.4. Влияние рН на организмы-гидробионты. . . . .	12
2.5. Методы определения и способы выражения концентраций. . . . .	14
2.6. Отбор и хранение проб. . . . .	17
3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. . . . .	18
4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ. . . . .	20
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА. . . . .	21

Учебное издание

ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНЫХ ОСАДКОВ  
НА СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОЕМОВ

Методические указания  
к проведению лабораторной работы  
по дисциплине «Основы экологии»

С о с т а в и т е л и:  
МАРТЫНЮК Светлана Степановна  
СИДОРСКАЯ Наталья Владимировна  
ЛОБОДЕНКО Юрий Сергеевич

Редактор Е.О. Коржуева  
Компьютерная верстка Н.А. Школьниковой

---

Подписано в печать 13.05.2010.

Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 1,34. Уч.-изд. л. 1,05. Тираж 100. Заказ 496.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.