

## **ЗАНЯТИЕ 1.**

### **Тема. Буферные системы. Буферные свойства почв.**

**Цель.** Изучить свойства буферных смесей, определить буферную емкость почвенной вытяжки.

#### **Вопросы для изучения:**

1. Буферные системы, состав буферных смесей. Их роль в связывании катионов водорода и гидроксо-групп. Свойства буферных систем.
2. Уравнение Гендерсона-Хассельбаха.
3. Буферное действие и буферная емкость.
4. Буферные системы в окружающей среде. Исследование буферных свойств почвенной вытяжки.

Буферные системы или смеси представляют собой смесь слабой кислоты со щелочной ее солью, или слабого основания с его солью сильной кислоты. Буферные растворы сохраняют постоянство концентрации водородных ионов в определенных для каждого раствора пределах при добавлении к ним небольших количеств кислот или щелочей, а также при разбавлении этих растворов. Таким образом, *буферные смеси обладают следующими свойствами:*

1. Концентрация ионов водорода буферной смеси не зависит от разбавления.
2. Добавление к буферным смесям небольших количеств сильных кислот и оснований очень мало изменяет концентрацию в них ионов водорода (в пределах буферной емкости).

Предел, в котором проявляется буферное действие, называется буферной емкостью и обозначается буквой В.

Количественное значение буферной емкости определяется количеством грамм-эквивалентов сильной кислоты или основания, которое необходимо добавить к 1 литру буферного раствора, чтобы изменить значение рН на единицу. Для многих процессов постоянная величина рН имеет большое значение. Так, рН плазмы крови человека имеет строго постоянную величину –

$7,40 \pm 0,05$ . Кислотноосновное равновесие в крови обеспечивается фосфатной, гидрокарбонатной и белковой буферными системами. Растения могут произрастать только при значениях рН почвенного раствора, лежащих в определенном интервале, характерном для данного вида. Поэтому важной характеристикой почв является их буферная емкость (буферность), о чем в некоторой степени можно судить по буферности почвенных вытяжек. В водных почвенных вытяжках содержатся карбонаты, фосфаты и, частично, белки (растворимая часть почв), наличие которых определяет буферные свойства водных почвенных вытяжек.

## **ЗАНЯТИЕ 2.**

**Тема. Определение рН, кислотности и щелочности воды.**

**Цель.** Изучить буферные свойства воды, обусловленные щелочностью и кислотностью.

### **Вопросы для изучения:**

1. Щелочность природной воды. Ионы, создающие щелочность. Щелочность свободная и общая. Интервалы рН для определения свободной, связанной щелочности. Нулевая щелочность.

2. Кислотность природной воды. Ионы, создающие кислотность. Кислотность свободная и общая. Интервалы рН для определения свободной, связанной кислотности. Нулевая кислотность.

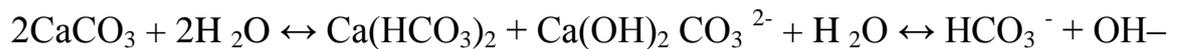
3. Способы определения щелочности и кислотности воды. Титранты. Индикаторы.

Одной из важнейших особенностей большинства природных вод является способность нейтрализовать ионы водорода. Эта способность воды называется щелочностью. К числу процессов, приводящих к повышению щелочности природных вод, относятся:

- гидролиз природных солей, образованных сильными основаниями и слабыми кислотами.

Все главные катионы, находящиеся в воде ( $K^+$  ,  $Na^+$  ,  $Ca^{2+}$  ) соответствуют сильным основаниям.

Их соли с анионами слабых кислот гидролизуются с образованием гидроксид-ионов:

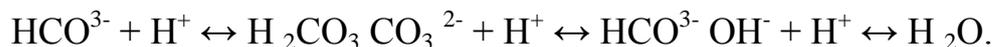


• процессы фотосинтеза в освещенных водоемах. Организмы, для существования которых необходима щелочная среда ( $\text{pH} > 8$ ) для получения углерода в виде  $\text{CO}_2$  должны расщеплять другие компоненты карбонатной системы:



В результате  $\text{pH}$  природных вод может увеличиваться до  $8,5 \div 10,5$ . Щелочность определяется экспериментально при титровании пробы воды сильной кислотой, например,  $\text{HCl}$ , в присутствии фенолфталеина, а затем метилоранжа. Основными компонентами, ответственными за связывание ионов водорода, являются анионы  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  и  $\text{OH}^-$ .

Основными химическими реакциями связывания  $\text{H}^+$  являются:



Таким образом, щелочность воды можно определить как сумму концентраций анионов:

$$\Sigma ([\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]) \text{ моль/л}$$

Щелочная реакция воды определяется в два этапа. *На первом этапе* определяется щелочность воды в присутствии фенолфталеина,  $\text{pH}$  перехода которого равен 8,3. На этом этапе отфильтровываются все гидроксид-ионы и карбонат-ионы. Количество кислоты, израсходованной на данном этапе титрования, соответствует карбонатной щелочности воды. *Второй этап* титрования пробы воды проводится в присутствии метилоранжа,  $\text{pH}$  перехода которого равен 4,5. На этом этапе титрования связываются практически все гидрокарбонат-ионы.

Следовательно, суммарный объём кислоты, израсходованной до значения  $\text{pH}$  пробы воды, равного 4,5, эквивалентен содержанию ионов  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  и  $\text{HCO}_3^-$  и представляет общую щелочность воды. Воду называют "водой с нулевой щелочностью" если её  $\text{pH}$  ещё до титрования ниже 4,5. Величина

щелочности природных вод имеет большое значение с точки зрения фотосинтеза, протекающего в водоёмах. При синтезе из минеральных форм углерода органических в растворе повышается рН. Количество образовавшихся органических соединений зависит от содержания  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$  в воде и от щелочности воды. Иногда в природных водоёмах в связи с бурным протеканием процессов фотосинтеза и недостаточного поступления углекислого газа рН поднимается до 10 и выше. Высокие значения рН, как и низкие, отрицательно сказываются на развитии водных экологических систем. В поддержании постоянного значения рН природных вод важную роль играют компоненты кислотности и щелочности, принцип действия которых определяется наличием двух взаимосвязанных равновесных систем: диссоциации и гидролиза.

Рассмотрим это на примере наиболее распространённых в природе карбонатных систем, которые в пресных водоёмах и создают, в основном, буферность:



Очевидно, что буферность является очень важной характеристикой природных вод.

### **ЗАНЯТИЕ 3.**

#### ***Тема. Определение содержания кислорода в воде.***

***Цель.*** Определить концентрацию растворенного кислорода в воде и соответствие содержания кислорода санитарным нормам.

#### ***Вопросы для изучения:***

1. Содержание кислорода в природных водоемах. Влияние кислорода на протекание биохимических процессов в водоеме.
2. Связь количества растворенного кислорода со степенью загрязнения водоема. Биологическое потребление кислорода.
3. Требования СанПин к содержанию кислорода в питьевой воде и природных водоемах.

4. Экспериментальное определение содержания кислорода в воде. Принцип метода. Химизм процесса. Требования к отбору и фиксированию проб.

Концентрация растворенного кислорода в воде водоемов санитарного водопользования в пробе, отобранной до 12 ч дня, должна быть не менее 4 мг/л в любой период года. Количество растворенного кислорода в воде имеет большое значение для оценки санитарного состояния водоемов, и его снижение указывает на резкое изменение биологических процессов в водоеме, а также на загрязнение водоемов веществами, биохимически интенсивно окисляющимися. Концентрация растворенного кислорода в воде зависит от природных факторов – атмосферного давления, температуры воды, содержания в ней растворенных солей. Метод основан на способности гидроксида марганца(II) окисляться в щелочной среде до гидроксида марганца(IV), количественно связывая при этом кислород. В кислой среде гидроксид марганца(IV) вновь переходит в двухвалентное состояние, окисляя при этом эквивалентное связанному кислороду количество йода. Выделившийся йод оттитровывают тиосульфатом натрия. Предел обнаружения растворенного кислорода 0.05 мг/л. При взятии пробы на кислород соблюдают все меры предосторожности против попадания в пробу атмосферного воздуха. Пробу берут в калиброванную склянку на 100-200 мл с притертой пробкой. Склянку с грузом и закрытой пробкой опускают на требуемую глубину, открывают пробку шнуром, привязанным к пробке, и держат на глубине до прекращения выхода пузырьков воздуха. Вынутая склянка должна быть наполнена до краев. Кислород фиксируют на месте тотчас же после отбора пробы.

#### **ЗАНЯТИЕ 4.**

##### ***Тема. Определение органических веществ почвы.***

***Цель.*** Определить содержание в почве водорастворимых органических веществ.

##### ***Вопросы для изучения:***

1. Органическое вещество почвы, состав, функции.

2. Состав и строение гумуса и его компонентов: гуминовых кислот и фульвокислот.

3. Определение водорастворимых органических веществ в почвенной вытяжке методом перманганатной окисляемости.

Органические вещества, поступающие в почву с мёртвыми тканями организмов, включают: лигнин (углеводы, целлюлозу, гемицеллюлозу), белковые вещества (протеины), жиры (липиды), а также конечные продукты обмена веществ растений: воски, смолы, дубильные вещества. Органические останки в почве минерализуются с образованием более простых (воды, углекислого газа, аммиака и др.) или более сложных соединений, например, гумуса. Вещества гумуса (гуминовые вещества) по способности к растворению и выпадению в осадок можно разделить на три группы: гуминовые кислоты, растворимые в разбавленных щелочах и обратимо осаждаемые кислотами; фульвокислоты, растворимые в разбавленных щелочах и остающиеся в растворе после подкисления; гумин, нерастворимый в щелочах и кислотах и образующий комплексы с неорганической фракцией почвы. Почвенные воды и водные вытяжки из почв содержат воднорастворимые органические вещества, количество которых характеризует «подвижность» гумуса. О количестве органических веществ судят по количеству окислителя, необходимому для их окисления, т. е. по «окисляемости» таких растворов. В зависимости от используемого окислителя различают «перманганатную» и «бихроматную» окисляемость (они не одинаковы). Оба вида окисляемости определяются косвенными методами – титрованием избытка окислителя, не вошедшего в реакцию с органическими веществами.

## **ЗАНЯТИЕ 5.**

***Тема.* Определение устойчивости растений к сернистому газу и аммиаку.**

***Цель.*** Выяснить сравнительную устойчивость древесных пород к сернистому газу и аммиаку и определить наиболее чувствительные биоиндикаторы.

### ***Вопросы для изучения:***

1. Пути поступления сернистого газа и аммиака в атмосферу.

2. Воздействие газообразных загрязнителей атмосферы на растительность: влияние на газообмен, активность ферментов, фотосинтез, защитные свойства.

3. Определение древесных пород, устойчивых к действию загрязнителей и наиболее чувствительных – биоиндикаторов.

Сернистый газ – самый распространенный загрязнитель воздуха. Он выделяется всеми энергетическими установками при сжигании топлива. Сернистый газ может также выделяться предприятиями металлургической промышленности, а также химическими производствами. Он образуется при разложении содержащих серу аминокислот. На высших животных оксид SO<sub>2</sub> действует прежде всего как раздражитель слизистой оболочки дыхательных путей. Токсичен этот газ и для растений. Растворяясь во влаге, находящейся на листьях, оксид серы(IV) образует раствор сернистой кислоты, которая, в свою очередь, способна окисляться до серной кислоты:



Сернистый газ является одним из компонентов кислотных дождей, приводящих к гибели растений. Воздействие сернистого газа на растения приводит к резкому снижению фотосинтеза, повреждению листового аппарата, что выражается в появлении хлорозов, некрозов, резком подавлении роста. Аммиак в небольших количествах присутствует в выбросах многих предприятий. В природной обстановке – это продукт распада органических веществ: он выделяется из почвы. Особенно большое количество аммиака образуется при распаде продуктов жизнедеятельности животных в больших животноводческих комплексах. Все такие комплексы должны иметь защитную зеленую полосу из древесных растений, устойчивых к аммиаку.

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

**Цель.** Научиться расчетным путем определять количественные характеристики содержания и поведения химических веществ в компонентах окружающей среды.

### ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ:

**Задача N 1.** Какую массу гидрокарбоната кальция можно добавить к 5 литрам воды, содержащей 182,25 мг  $Mg^{2+}$ , чтобы жёсткость воды не превышала допустимой величины?

**Решение.** Допустимая по ГОСТ величина общей жёсткости воды – 7. Жёсткость по магнию составляет: Следовательно, жёсткость по кальцию не должна превышать 4. Единица жёсткости по кальцию составляет 20,04 мг/дм<sup>3</sup>. Отсюда, можно добавить к данному объёму воды:  $Ca^{2+} - Ca(HCO_3)_2$  40,08 г/моль – 162,08 г/моль 400,8 мг – m мг

**Задача N 2.** Рассчитайте уменьшение концентрации ионов свинца в сточных водах после Na-катионирования, если концентрация ионов натрия возросла на 69 мг/дм<sup>3</sup>.

**Решение.** Для удаления ионов  $Pb^{2+}$  из сточной воды последнюю подвергают Na – катионированию: Из уравнения реакции следует: n моль  $Pb^{2+}$  – 2n моль  $Na^+$  n моль – 0,003 моль Следовательно, уменьшение концентрации ионов свинца составляет 0,31 г/дм<sup>3</sup>.

### ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

**Задача N 3.** Энергия диссоциации связи углерод – бром составляет 210 кДж/моль. Какова длина волны фотона, способного вызвать диссоциацию связи углерод – бром?

**Решение.** Рассчитаем энергию одной молекулы: **Рассчитаем длину волны фотона:**

**Задача N 4.** Вычислить парциальное давление  $CO_2$  в сухом воздухе при полном давлении воздуха, равном 735 мм. рт. ст.

**Решение.** Мольная доля  $CO_2$  в сухом воздухе равна  $3,3 \cdot 10^{-4}$ . Это означает, что  $CO_2$  вносит в полное давление воздуха вклад, равный  $3,34 \cdot 10^{-4}$

доли. Следовательно, 760 мм. рт. ст. – 101,3 кПа 735 мм. рт. ст. – 97,97 кПа

Парциальное давление  $\text{CO}_2$  составляет:

**Задача N 5.** Какое давление необходимо оказать на морскую воду для её опреснения по методу обратного осмоса?

Считать основной солью морской воды NaCl. Солёность морской воды составляет 35 г/кг воды.

**Решение.** Метод обратного осмоса заключается в том, что на морскую воду подают давление, превышающее её осмотическое давление, вследствие чего молекулы воды перемещаются через полупроницаемую мембрану в часть системы для сбора пресной воды. Осмотическое давление растворов рассчитывается по закону ВантГоффа.

где  $i$  – изотонический коэффициент раствора, для морской воды  $i = 1,8$ ;

$R$  – универсальная газовая постоянная, равная 8,31 ;

$T$  – абсолютная температура, Кельвина;

$C_v$  – молярная концентрация раствора, . Отсюда: