

УДК 543.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕННОЙ, ПОСТОЯННОЙ И ОБЩЕЙ ЖЕСТКОСТИ, А ТАКЖЕ ЩЕЛОЧНОСТИ ВОДЫ ОЗЕРО КРАСНОЕ

Мальцева А.А., Белоусова К.О. студенты III курса гр. ТХТ-181,
Научный руководитель: Суrowая В.Э., к.х.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

В работе представлены результаты исследований временной, постоянной и общей жесткости, а также щелочности воды озера Красное Ленинского района города Кемерово. Установлено, что временная жесткость варьируется от 4 до 5,5 Мэкв/л, постоянная – от 4 до 8,5 Мэкв/л, а общая – от 8 до 13 Мэкв/л. Для всех исследуемых проб воды наблюдается зависимость от времени года, осенью жесткость воды немного больше, чем весной и летом.

Жесткость воды колеблется в широких пределах и существует множество типов классификаций воды по степени ее жесткости.

Обычно в маломинерализованных водах преобладает (до 70 %–80 %) жесткость, обусловленная ионами кальция (хотя в отдельных редких случаях магниевая жесткость может достигать 50–60 %). С увеличением степени минерализации воды содержание ионов кальция (Ca^{2+}) быстро падает и редко превышает 1 г/л. Содержание же ионов магния (Mg^{2+}) в высокоминерализованных водах может достигать нескольких граммов, а в соленых озерах – десятков граммов на один литр воды [1-3].

Вода с содержанием ионов кальция и магния до 4 мэкв/л считается мягкой, 4–8 мэкв/л – средней, 8–12 мэкв/л – жесткой и выше 12 мэкв/л – очень жесткой.

С точки зрения применения воды для питьевых нужд, ее приемлемость по степени жесткости может существенно варьироваться в зависимости от местных условий. Порог вкуса для иона кальция лежит (в пересчете на мг-эквивалент) в диапазоне 2–6 мгэкв/л, в зависимости от соответствующего аниона, а порог вкуса для магния и того ниже. В некоторых случаях для потребителей приемлема вода с жесткостью выше 10 мгэкв/л. Высокая жесткость ухудшает органолептические свойства воды, придавая ей горьковатый вкус и оказывая отрицательное действие на органы пищеварения [4, 5].

Немаловажным показателем является и щелочность. Щелочностью воды называют суммарное содержание всех анионов слабых кислот и ионов гидроксида. Щелочностью воды называют общее содержание в ней веществ, которые обуславливают повышенную концентрацию ионов гидроксила.

Щелочность природных вод как поверхностных, так и глубинных, обычно обусловлена присутствием в них бикарбонатов и гуматов, т.е. солей слабых кислот.

В зависимости от вещества, которое растворено в воде и обуславливает ее щелочную реакцию, различают несколько видов щелочности: гидратную $Щ_{г}$ (обусловленную ионами OH^{-}), бикарбонатную $Щ_{б}$ (HCO_3^{-}), карбонатную $Щ_{к}$ (CO_3^{2-}), фосфатную $Щ_{фосф}$ (HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}), силикатную $Щ_{сил}$ ($HSiO_3^{-}$, SiO_3^{2-}), гуматную $Щ_{гум}$ (обусловленную солями гуминовых и сульфокислот) и др.

Подвергали анализу на временную, общую и постоянную жесткость пробы, взятые в разное время года и с разной глубины из озера Красное, расположенного в Ленинском районе г. Кемерово [6]. Длина - 1,5 км, ширина - 260 м.

Для определения временной жесткости отмеряли пипеткой 50 мл исследуемой воды и переносили в коническую колбу для титрования. Добавляли 2–3 капли индикатора метилового оранжевого. В приготовленную заранее бюретку наливали 0,1 н. раствор соляной кислоты. Устанавливали уровень в бюретке на нулевое деление и по каплям приливайте соляную кислоту до изменения окраски раствора от желтой до оранжево-розовой.

Определяли объем израсходованной соляной кислоты. Титрование повторяли еще 2 раза, каждый раз доливая кислоту в бюретку до нулевого деления и ополаскивая колбу для титрования.

Временную жесткость рассчитайте по формуле [7]:

$$C_{\text{ЭКВ}}^1 = \frac{n_{\text{ЭКВHCl}} \cdot V_{\text{HCl}} \cdot 1000}{V_{\text{H}_2\text{O}}},$$

где $C_{\text{ЭКВ}}^1$ – временная жесткость воды, мэкв / л; V_{HCl} – объем кислоты, пошедший на титрование; $V_{\text{H}_2\text{O}}$ – объем анализируемой воды.

В настоящее время жесткость воды определяют комплексометрическим методом с применением ЭДТА. Для исследований проб воды на общую жесткость заполняли бюретку титрованным раствором ЭДТА (0,02 н.). Отмеряли пипеткой (50–100 мл) анализируемой воды, добавляли 5 мл буферного раствора ($NH_3 + H_2O + NH_4Cl$) для поддержания рН в интервале 9–10 и 2–3 капли индикатора – эриохрома черного, при котором раствор окрашивается в красный цвет. Перемешивали раствор и оттитровывали из бюретки раствором ЭДТА до перехода красной окраски в синюю. Титрование повторяли еще 2 раза.

Общую жесткость воды рассчитайте по формуле:

$$C_{\text{ЭКВ}}^2 = \frac{n_{\text{ЭКВЭДТА}} \cdot V_{2\text{ЭДТА}} \cdot 1000}{V_{1\text{H}_2\text{O}}},$$

где, $C_{\text{ЭКВ}}^2$ – общая жесткость анализируемой воды, мэкв / л;

$V_{2\text{ЭДТА}}$ – объем раствора ЭДТА пошедшего на титрование;

$V_{1\text{H}_2\text{O}}$ – объем анализируемой воды.

Постоянную жесткость рассчитывали по формуле:

$$C_{\text{ЭКВ}}^3 = C_{\text{ЭКВ}}^2 - C_{\text{ЭКВ}}^1,$$

где, $C_{\text{ЭКВ}}^3$ – постоянная жесткость анализируемой воды, мэкв / л.

Результаты жесткости воды приведены в таблице 1.

Таблица 1

Виды жесткости воды озеро Красное

Время года	Временная жесткость, Мэкв/л	Общая жесткость, Мэкв/л	Постоянная жесткость, Мэкв/л	Оценка результатов
Весна	4,0	8,0	4,0	Между мягкой и средней жесткостью
Лето	4,5	10,0	5,5	Средняя жесткость
Осень	5,5	13,0	8,5	Жесткая

В таблице 1 показано, что жесткость воды озеро Красное изменяется со временем года.

В результате проведенных исследований установлено что, жесткость практически всех проб воды осенью немного больше, чем весной и летом. Скорее всего, из-за, таяние снега, который состоит в основном из мягкой воды, она в свою очередь разбавляет природные воды и в целом уменьшает жесткость.

Для определения общей щелочности в аликвотную часть исследуемой пробы добавили пару капель индикатора метилоранжа и соляной кислотой титровали до перехода из желтой окраски до оранжевой. В образцах щелочность по фенолфталеину отсутствует, связи с тем, что раствор не окрасился в розовый цвет. Это является причиной тому, что в основном большинстве природных вод бикарбонаты связаны только с ионами Ca^{2+} и Mg^{+2} . Поэтому в тех случаях, когда щелочность воды по фенолфталеину равна нулю, можно считать, что общая щелочность равна карбонатной жесткости.

Щелочность анализируемой воды мгэкв/дм³ (ммоль/дм³), вычисляют по формулам:

$$\text{Щ}_o = \frac{V_{\text{м.о}} C_{\text{ЭКВ}}(\text{кислоты}) \cdot 1000}{V_{\text{пр}}};$$

Щ_o – щелочность по метиловому оранжевому или общая щелочность; $V_{\text{пр}}$ — объем пробы, взятый для анализа, см³; $V_{\text{м.о}}$ — объем кислоты, израсходованный на титрование по метиловому оранжевому; $C_{\text{ЭКВ}}(\text{кислоты})$ — нормальная концентрация гэкв / дм³ (молярная концентрация эквивалентов, моль / дм³) кислоты.

В таблице 2 выведены результаты определения щелочности вод. Как видим, наибольшая щелочность приходится на середину осени, это может

быть связано с проливными дождями, содержащие растворенный углекислый газ.

Таблица 2

Оценка щелочности воды озеро Красное

Месяц	Общая жесткость (карбонатная жесткость) Мэкв/л	ПДК по СанПиН 2.1.4.1116-02 (0,5-6,5 Мэкв/л)
Июль	3,74	Не превышает
Сентябрь	3,20	Не превышает
Октябрь	4,00	Не превышает

В результате установлено, что в воде присутствуют в основном бикарбонаты, т.к. щелочность по фенолфталеину, не указывает на наличие других ионов из-за отсутствия окраски вначале испытания, следовательно – временная жесткость в данном случае обуславливается присутствием только гидрокарбонат ионов.

Список литературы:

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия. – Санкт-Петербург: Лань, 2014. – 752 с.
2. Мовчан, Н. И. Аналитическая химия: физико-химические и физические методы анализа: учебное пособие. – Санкт-Петербург: КНИТУ, 2013. – 236 с.
3. Аналитическая химия: учебное пособие / А.И. Апарнев и др. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – 103 с.
4. Рахманин, Ю. А. и Доронина, О. Д. Стратегические подходы управления рисками для снижения уязвимости человека вследствие изменения водного фактора // Гигиена и санитария, № 2, 2010. – С. 8–13.
5. Ермолаева В.А. Изучение сезонных изменений жесткости и щелочности питьевой воды // Вода и экология: проблемы и решения. 2019. № 1 (77). – С. 44 – 53.
6. Экология и природные ресурсы Кемеровской области. – [Электронный ресурс]. URL: <http://ecokem.ru/vodnye-resursy>
7. Сажин, С.Г. Приборы контроля состава и качества технологических сред: учебное пособие / С.Г. Сажин. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 432 с.