

3.Ольховатенко В.Е., Полищук А.И., Щербак Г.Г. Геоэкологические исследования территории г.Томска. Материалы научно-методической конференции, посвященной 85-летию В.Д.Ломтадзе. - Санкт- Петербург: Изд-во С-ПГТУ, 1988. - 186 - 187 с.

## МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ПОКАЗАНИЙ pH ПРИ ХРОНОМЕТРИЧЕСКОМ КУЛОНОМЕТРИЧЕСКОМ ТИТРОВАНИИ

*Плотникова В. В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Кагиров А.Г., к.т.н., старший преподаватель кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

Водородный показатель (pH) характеризует концентрацию свободных ионов водорода, содержащихся в воде. Он представляет собой десятичный логарифм концентрации ионов водорода, взятого с обратным знаком, т.е. [2]

$$pH = -\lg[C^{H^+}] \quad 1)$$

Вода является слабым электролитом и диссоциирует по уравнению:



Ионное произведение воды:

$$K_w = 10^{-14} \quad 3)$$

В чистой воде

$$[H^+][OH^-] = 1 \cdot 10^{-14} \quad 4)$$

тогда

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ моль/л} \quad 5)$$

При растворении в воде веществ любой природы остается неизменным. [1]

Следовательно, концентрация ионов гидроксила:

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} \quad 6)$$

Согласно закону Фарадея, количество выделившегося вещества на электродах равно:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{Q}{F \cdot z} \quad 7)$$

Исходя из всего выше изложенного следует решить уравнение вида:

$$\left(10^{-pH} + \frac{Q}{F \cdot V} - x\right) \cdot \left(\frac{10^{-14}}{10^{-pH}} - x\right) = 10^{-14} \quad 8)$$

Где:  $10^{-pH}$  – исходная концентрация ионов  $H^+$ ;

$\frac{Q}{F \cdot V}$  – концентрация ионов  $H^+$  после пропускания электрического заряда;

$10^{-14}$  – ионное произведение воды;  $x$  – конечная концентрация ионов  $H^+$  после проведения реакции.

Изначально сделаем замену:

$$10^{-pH} = A \quad 9)$$

$$\frac{Q}{F \cdot V} = B \quad 10)$$

Получим:

$$(A + B - x) \cdot \left(\frac{10^{-14}}{A} - x\right) = 10^{-14} \quad 11)$$

Раскрывая скобки получим:

$$10^{-14} + \frac{10^{-14} \cdot B}{A} - \frac{10^{-14} \cdot x}{A} - x \cdot A - B \cdot x + x^2 - 10^{-14} = 0 \quad 12)$$

Группируем подобные слагаемые:

$$x^2 - \left(\frac{10^{-14}}{A} + A + B\right) \cdot x + \frac{10^{-14} \cdot B}{A} = 0 \quad 13)$$

Далее решаем квадратное уравнение:

$$\begin{aligned} D &= \left(\frac{10^{-14}}{A} + A + B\right)^2 - 4 \cdot \frac{10^{-14} \cdot B}{A} \quad 14) \\ &= \frac{10^{-28}}{A^2} + A^2 + B^2 + 2 \cdot \frac{10^{-14}}{A} \cdot A + 2 \cdot A \cdot B + 2 \cdot \frac{10^{-14}}{A} \cdot B - 4 \\ &\cdot \frac{10^{-14} \cdot B}{A} = (A + B)^2 - 2 \cdot \frac{10^{-14}}{A} \cdot B + 2 \cdot 10^{-14} + \frac{10^{-28}}{A^2} \\ &= 2 \cdot 10^{-14} \cdot \left(1 - \frac{B}{A}\right) + \frac{10^{-28}}{A^2} + (A + B)^2 \end{aligned}$$

Находим корни квадратного уравнения:

$$x_{1,2} = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{10^{-14}}{A} + A + B + \sqrt{2 \cdot 10^{-14} \cdot \left(1 - \frac{B}{A}\right) + \frac{10^{-28}}{A^2} + (A + B)^2} \right)$$

Делаем обратную замену:

$$x_{1,2} = \frac{1}{2} \left( \frac{10^{-14}}{10^{-pH}} + 10^{-pH} + \frac{Q}{F \cdot V} \right) \pm \sqrt{2 \cdot 10^{-14} \cdot \left(1 - \frac{Q}{F \cdot V \cdot 10^{-pH}}\right) + \frac{10^{-28}}{(10^{-pH})^2} + \left(10^{-pH} + \frac{Q}{F \cdot V}\right)^2} \quad (16)$$

Исходя из (1) получим:

$$pH = -\lg \left( \frac{1}{2} \left( \frac{10^{-14}}{10^{-pH}} + 10^{-pH} + \frac{Q}{F \cdot V} \right) \pm \sqrt{2 \cdot 10^{-14} \cdot \left(1 - \frac{Q}{F \cdot V \cdot 10^{-pH}}\right) + \frac{10^{-28}}{(10^{-pH})^2} + \left(10^{-pH} + \frac{Q}{F \cdot V}\right)^2} \right) \quad (17)$$

Решив данное уравнение, получим график (рис.1) зависимости водородного показателя (pH) от количества электричества, пропущенного через воду.

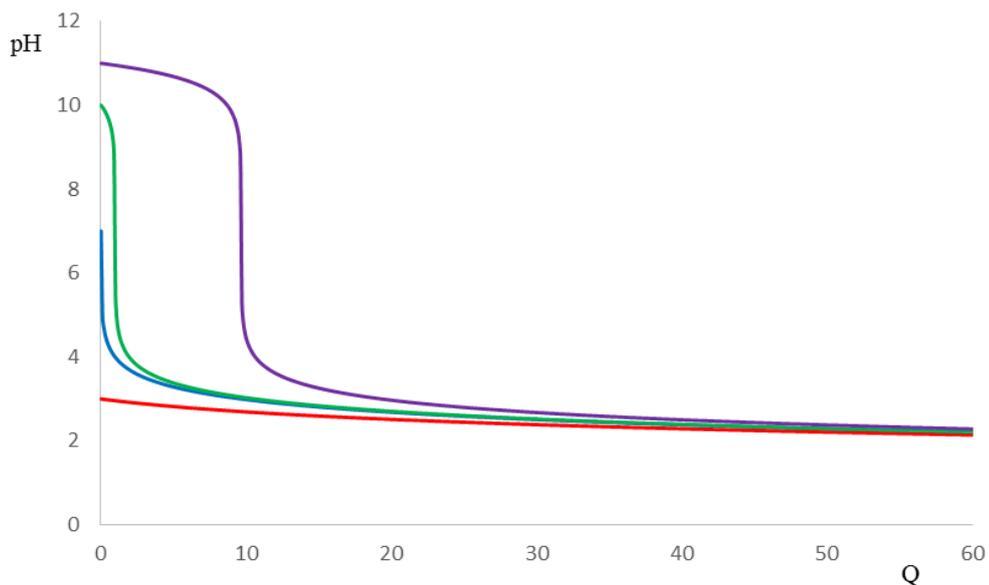


Рис.1. График зависимости значений pH от количества электричества

График предоставлен для начальных значений рН равных 3, 7, 10, 11.

### Список информационных источников

1.А.И. Хлебников, И.Н. Аржанова, О.А. Напилкова. Общая химия. Учебное пособие. Электронный читальный зал. Произведение растворимости. Водородный показатель. // URL: [http://www.chem-astu.ru/chair/study/genchem/r4\\_3\\_2.htm](http://www.chem-astu.ru/chair/study/genchem/r4_3_2.htm)

2.CHEMISTRY. Ионное произведение воды. Водородный показатель. // URL: [http://himya.ru/ionnoe\\_proizvedenie\\_19\\_35.html](http://himya.ru/ionnoe_proizvedenie_19_35.html)

### К РАЗРАБОТКЕ МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ ПРИ УСТОЙЧИВОМ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ПОЛИГОНА ТОКСИЧНЫХ ОТХОДОВ

*Пономарев А.А., Долдин И.Н.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Сечин А.И., д.т.н., профессор кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

В современном мире увеличилось количество бытовых, промышленных и токсичных отходов. Это связано с ростом инфраструктуры городов, увеличением населения и новых технологий. В связи с этим возрастает угроза загрязнения окружающей среды, роста количества онкологических заболеваний среди населения, возникновения чрезвычайных ситуаций.

Токсичные отходы по своим химическим и физическим свойствам не могут быть в полном объеме утилизированы с точки зрения безопасности окружающей среды. Для решения этой проблемы возникла необходимость создания региональных полигонов по обезвреживанию и захоронению не утилизируемых токсичных отходов.

Полигоны являются природоохранными сооружениями по сбору, хранению, обезвреживанию и утилизации отходов.

Одним из таких примеров является Томский полигон токсичных отходов ОАО «Полигон». В настоящее время Томский полигон не имеет конкурентов, в связи с тем, что он единственный в Сибирском федеральном округе. Все токсичные отходы с ближайших регионов утилизируют на этом полигоне[1].