

Введение Математическая модель системы $\text{CuSO}_4 - \text{H}_2\text{O} - \text{OH}^-$ позволяет прогнозировать условия синтеза состава соединений меди(II) [1-3]. Для достижения этого необходимо знать значения констант равновесий, которые могут быть найдены по данным эксперимента и при наличии необходимых программных продуктов. Эксперимент Оборудование и реактивы: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, чда; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, ч; NaOH , хч; Фиксанал HCl ; индикатор метиловый оранжевый; дистиллированная вода; аналитические весы OHAUS Adventurer Pro AV264; мерные колбы следующих объемов (в мл): 25,0; 100; 200; 500; 1000; пипетки: 1,00; 2,00; 5,00; 10,0; 20,0; 25,0 мл; бюретка объемом 25,0 мл; магнитная мешалка ММ-3; потенциометры рН-410, рН-673.М. По навеске $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ готовится раствор CuSO_4 0,5 моль/л в мерной колбе на 500 мл в дистиллированной воде. Далее раствор стандартизуется раствором ЭДТА. Рабочий раствор $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ концентрации 1,0 моль/л готовится по навеске реактива $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в бидистиллированной воде в мерной колбе на 500 мл. Далее с помощью пипетки отбирается по 10,0 мл CuSO_4 и 4,0 мл $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в мерную колбу на 100 мл и разбавляется дистиллированной водой до метки. Раствор титранта готовится по навеске NaOH в мерной колбе на 1000 мл в дистиллированной воде, после чего аликвота этого раствора титруется стандартным раствором HCl с концентрацией 0,100 моль/л с использованием индикатора метилового оранжевого. Концентрация NaOH рассчитывается по формуле: Берется аликвота раствора $\text{CuSO}_4 - \text{H}_2\text{O} - (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ объемом 25,0 мл, после чего проводится потенциометрическое титрование. Пример зависимости рН растворов от объема титранта представлен в табл. 1. Таблица 1 - Зависимость значения рН растворов $\text{CuSO}_4 - \text{H}_2\text{O} - (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ от объема титранта № Объем титранта NaOH 0,1032 моль/л, мл рН

1	0,00	4,05	2	0,53	4,92	3	0,79	4,72	4	1,97	4,78	5	3,37	4,85	6	5,62	4,99	7	6,20	4,95	8	6,30	4,98	9	9,78	5,25	10	9,88	5,00	11	10,20	5,03	12	11,30	5,29	13	11,80	5,23	14	11,90	5,09	15	12,00	5,05	16	13,10	5,36	17	13,40	5,39	18	13,50	5,25	19	13,70	5,15	20	16,70	5,94	21	17,80	6,13	22	19,50	7,32	23	19,60	7,47	24	20,20	8,09	25	20,70	8,36	26	22,95	8,97
---	------	------	---	------	------	---	------	------	---	------	------	---	------	------	---	------	------	---	------	------	---	------	------	---	------	------	----	------	------	----	-------	------	----	-------	------	----	-------	------	----	-------	------	----	-------	------	----	-------	------	----	-------	------	----	-------	------	----	-------	------	----	-------	------	----	-------	------	----	-------	------	----	-------	------	----	-------	------	----	-------	------	----	-------	------

По данным экспериментов построен график в координатах $n=f(\text{pH})$, показывающий зависимости значений рН раствора от функции образования по OH^- (рис.1): , где V_{NaOH} -объем NaOH , добавляемый в раствор; C_{NaOH} - исходная концентрация NaOH , равная 0,1032 моль/л; $V_{\text{Cu(II)}}$ -объем исходного раствора Cu(II) , равный 25мл; $C_{\text{Cu(II)}}$ -концентрация исходного раствора Cu(II) , равная 0,05 моль/л. Рис. 1 - Экспериментальные кривые потенциометрического титрования системы $\text{CuSO}_4 - \text{H}_2\text{O} - (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 - \text{NaOH}$ при концентрации NH_4^+ 0,04 моль/л и при концентрации Cu(II) 0,051 моль/л С помощью программы EQ рассчитаны константы равновесий системы $\text{CuSO}_4 - \text{H}_2\text{O} - \text{OH}^-$ (табл.2) , на основе которых можно описать экспериментальные данные (рис.2) и прогнозировать соединения, которые могут образовываться в зависимости от кислотности среды (рис. 3). Таблица 2 - Константы равновесий системы $\text{Cu(II)} - \text{H}_2\text{O} - \text{OH}^-$ и их

рассчитываемые значения Константы Вид расчитывания Рассчитываемые значения Вид соединения K1 lg 6,1 K2 lg 4,7 K2S -lg 5,5 K3 lg 3,5 K4 lg 3,3 K5 lg 3,2 K6 lg 2,9 KT - lg 4,75 KD - lg 1,94 KTB0XT lg 4 KTB0X6T lg 3,33 KTB0X3T lg 2,73 KTB0X4T lg 1,97 KTB0X5T lg 1,4 KTB0X6T - lg 2,53 KTB1XT lg 6 KTB2XT lg 7,1 KTB4XT lg 10 KTB5XT lg 9 KTB6XT lg 9 KPT2B1X2B2X12TX10L lg 5,5 KPB1XB1 lg 5,1 KPB1XB1S -lg 4,2 KOB3DW lg 1 KOB4DW -lg 3,2 KTB3XT lg 11,4 KP2B1X2B2X6T lg 24 KPB1X3B2X6T lg 26 KOB3DWS -lg 4,6 KOB4DWS -lg 4,9 KP2B0XB1 -lg 6 KPB0XB1 -lg 3 KPB1X3B2 lg 22 KP2B1X2B2 lg 23 KP2B0XB1S -lg 9,3 KPB0XB1S lg 5 KPB1X3B2S -lg 10,9 KP2B1X2B2S -lg 5,3

Рис. 2 - Экспериментальные и расчетные кривые потенциметрического титрования системы $\text{CuSO}_4 - \text{H}_2\text{O} - (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 - \text{KOH}$, NaOH при концентрации NH_4^+ 0,04 моль/л и при концентрации Cu(II) 0,051 моль/л

Рис. 3 - Расчетные области формирования твердых фаз в системе $\text{CuSO}_4 - \text{H}_2\text{O} - \text{OH}^-$ при концентрации Cu(II) 0,05 моль/л

Заключение Рассчитаны константы равновесий на основе данных эксперимента по потенциметрическому титрованию. Создана математическая модель равновесий в системе $\text{CuSO}_4 - \text{H}_2\text{O} - \text{OH}^-$ при малой концентрации CuSO_4 0,05 моль/л, предназначенная для планирования эксперимента и синтеза соединений Cu(II) .