

Определение Ca и Mg в минеральной воде
методом комплексонометрии, HCO_3^-
методом потенциометрического
титрования

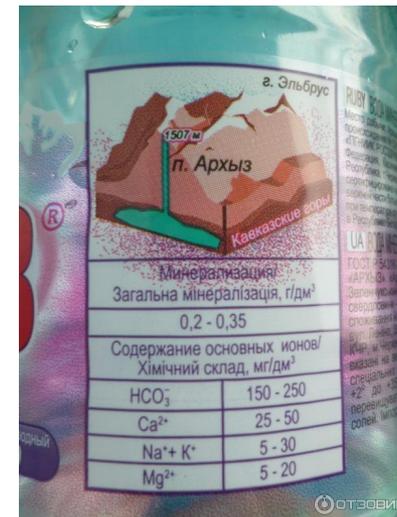
Выполнили: Абдурахманов Д Д

Группа: НМТ-491804

Руководитель: Малышева

Введение

- В данной курсовой работе будет определяться химический состав минеральной воды «Шадринская» «Архыз»
- Производитель указывает, что в данных минеральных водах содержится:



Цели и задачи

Цель: определить содержание Ca и Mg в минеральной воде методом комплексонометрии, HCO_3^- методом потенциометрического титрования

Задачи:

1. Определить содержание кальция и магния в минеральной воде методом комплексонометрического титрования.
2. Определить кислотность минеральной воды методом потенциометрии.
3. Произвести статистическую обработку результатов анализа и сравнить полученные результаты со значениями, указанными производителем.

Комплексонометрия

- Комплексонометрия – титриметрический метод анализа, основан на образовании прочных внутрикомплексных соединений (хелатов) между катионами металлов и комплексонометрами.
- Реакции комплексообразования можно представить в виде:
$$M^{2+} + :L = [M:L]^{2+}$$
- Для выполнения реакции комплексообразования необходимо создать и поддерживать постоянным значение рН раствора, обеспечивающий максимальный выход комплексных соединений.

Индикаторы в комплексонометрии

- **Металлоиндикаторы** — вещества, предназначенные для определения точки эквивалентности при комплексонометрическом титровании.

Требования к индикаторам:

- Металл и индикатор должны взаимодействовать в соотношении 1:1.
- Константа устойчивости индикатора должна быть больше, чем 10^4 .
- Отношение констант устойчивости комплексоната металла и металлоиндикатора должно быть больше, чем 10^4 .
- Цвет индикатора должен отличаться от цвета комплекса металла с индикатором.
- Концентрация индикатора должна быть на 2 порядка ниже концентрации металла .
- Комплекс $MeInd$ должен быть лабильным.
- Изменение окраски контрастной
- Индикатор должен применяться в той области рН, где конкурирующая реакция с участием протонов отсутствует.

Результаты стандартизации трилона Б.

- Концентрацию ЭДТА определяют по закону эквивалентов:
- $C_{\text{трБ}} = V_{\text{MgSO}_4} * C_{\text{MgSO}_4} / V_{\text{трБ}}$.

№ опыта	V_{MgSO_4} , мл	$V_{\text{трБ}}$, мл	Усредненный $V_{\text{трБ}}$, мл	$C_{\text{трБ}}$, М
1	10,00	9,9	10	0,025
2	10,00	10,1		
3	10,00	10		

№ опыта	V_{MgSO_4} , мл	$V_{\text{трБ}}$, мл	Усредненный $V_{\text{трБ}}$, мл	$C_{\text{трБ}}$, М
1	10,00	11,0	11,5	0,02
2	10,00	11,6		
3	10,00	11,8		

Результаты определения Са

- Массовую концентрацию ионов кальция ($C_{m \text{ Ca}}$), мг/л, вычисляют по формуле:

$$C_{m \text{ Ca}} = \frac{V_{\text{тр Б}} \times C_{\text{тр Б}} \times M_{\text{Ca}}}{V_{\text{пипетки}}} \times 10^3, \text{ мг/л}$$

Результаты определения содержания Са.

№ опыта	$V_{\text{минер. воды, мл}}$	$V_{\text{тр Б, мл}}$	Среднее значение $V_{\text{тр Б}}$	Содержание Са, мг/л	№ опыта	$V_{\text{минер. воды, мл}}$	$V_{\text{тр Б, мл}}$	Среднее значение $V_{\text{тр Б}}$	Содержание Са, мг/л
1	50	11,4	11,47	228,46	1	100	7,5	7,0	60,12
2	50	11,5		230,46	2	100	6,5		52,1
3	50	11,5		230,46	3	100	7,0		56,12

Результаты определения Mg

- Массовую концентрацию ионов магния ($C_{m \text{ Mg}}$), мг/л, вычисляют по формуле:

$$C_{m \text{ Mg}} = \frac{(V_{\text{тр Б}} - V_{\text{тр Б (Mg)}}) \times C_{\text{тр Б}} \times M_{\text{Mg}}}{V_{\text{пипетки}}} \times 10^3, \text{ мг/л}$$

Результаты определения содержания Mg.

№ опыта	$V_{\text{минер. воды, мл}}$	$V_{\text{тр Б, мл}}$	Среднее значение $V_{\text{тр Б}}$	Содержание Mg, мг/л
1	50	13	12,97	19,2
2	50	12,9		16,8
3	50	13		18

№ опыта	$V_{\text{минер. воды, мл}}$	$V_{\text{тр Б, мл}}$	Среднее значение $V_{\text{тр Б}}$	Содержание Mg, мг/л
1	100	16,5	16,3	46,17
2	100	16,0		43,74
3	100	16,2		44,71

Потенциометрия

- Потенциометрический метод титрования основан на измерении потенциала электрода, погруженного в раствор. Величина потенциала зависит от концентрации соответствующих ионов в растворе. Измерив потенциал электрода, погруженного в раствор данной соли неизвестной концентрации, можно определить содержание соответствующих ионов в растворе.

Схема установки для потенциометрического титрования

- 1. Потенциометр.
- 2. Стеклянный электрод.
- 3. Хлорсеребряный электрод.
- 4. Ячейка.
- 5. Бюретка.
- 6. Магнитная мешалка.

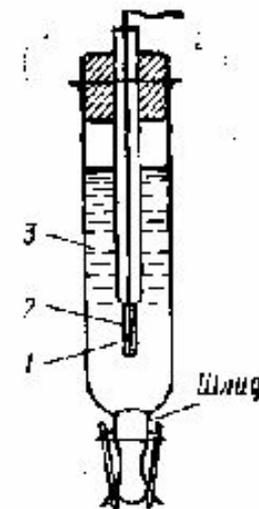
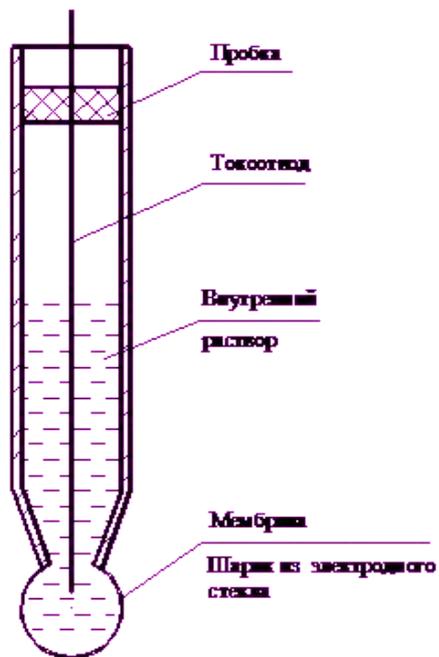
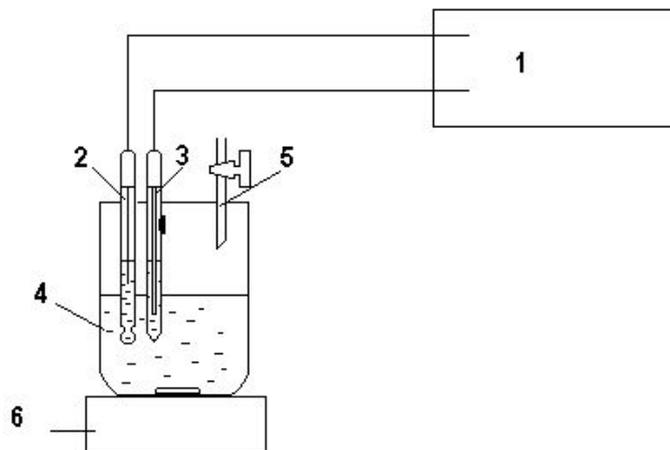


Рис. 4.15. Хлорсеребряный электрод:
1 – серебряная проволока, 2 – слой хлористого серебра, 3 – раствор HCl или KCl

KCl

Результаты стандартизации HCl

- Концентрацию HCl определяют по закону эквивалентов:

$$C_{\text{HCl}} * V_{\text{HCl}} = C_{\text{Na}_2\text{CO}_3} * V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$$

№ опы та	V Na ₂ CO ₃ , мл	V _{HCl} , мл	Усредн енный V _{HCl} , мл	C _{HCl} , М
1	20	9,9	10,03	0,12
2	20	9,9		
3	20	10,3		

№ опыта	V Na ₂ CO ₃ , мл	V HCl, мл	Усредн енный V _{HCl} , мл	C _{HCl} , М
1	20	10	10	0,05
2	20	10,1		
3	20	10		

Результаты титрования

№	V _{минер.воды} , мл	V _{HCl} , мл	Среднее значение V _{HCl}	Содержани е HCO ₃ ⁻ , мг/л
1	20,00	12,2	12,06	4413,96
2	20,00	12		
3	20,00	12		

№	V _{минер.воды} , мл	V _{HCl} , мл	Среднее значение V _{HCl}	Содержани е HCO ₃ ⁻ , мг/л
1	20,00	10	10	1525
2	20,00	10,1		
3	20,00	10		

6,75	1	0,01	0,01
6,74	1	0,03	0,03
6,71	1	0,02	0,02
6,69	1	0,03	0,03
6,66	1	0,01	0,01
6,65	1	0,03	0,03
6,62	1	0,03	0,03
6,59	1	0,08	0,08
6,51	1	0,11	0,11
6,4	1	0,21	0,21
6,19	0,5	0,14	0,28
6,05	0,5	0,24	0,48
5,81	0,5	0,41	0,82
5,4	0,5	0,12	0,24
5,28	0,1	0,12	1,2
5,16	0,1	0,11	1,1
5,05	0,1	0,15	1,5
4,9	0,1	0,22	2,2
4,68	0,1	0,33	3,3
4,35	0,1	0,19	1,9
4,16	0,1	0,1	1
4,06	0,1	0,13	1,3
3,93	0,1	0,06	0,6
3,87	0,1	0,11	1,1
3,76	0,5	0,19	0,38
3,57	1	0,12	0,12
3,45	1	0,06	0,06
6,9	0	0	0
6,65	2	0,25	0,125
6,47	2	0,18	0,09
6,25	2	0,22	0,11
6,05	2	0,2	0,1
5,8	2	0,25	0,125
5,65	1	0,15	0,15
5,4	1	0,25	0,25
5,25	0,5	0,15	0,3
5,04	0,5	0,21	0,42
4,93	0,2	0,11	0,55
4,82	0,1	0,11	1,1
4,65	0,1	0,17	1,7
4,55	0,1	0,1	1
4,35	0,1	0,2	2
4,28	0,1	0,07	0,7
4,07	0,1	0,21	2,1
3,9	0,1	0,17	1,7
3,8	0,1	0,1	1
3,65	0,1	0,15	1,5
3,6	0,1	0,05	0,5
3,52	0,1	0,08	0,8
3,45	0,1	0,07	0,7
3,35	0,1	0,1	1
3,15	0,5	0,2	0,4
2,98	0,5	0,17	0,34
2,9	0,5	0,08	0,16

Кривые титрования

графики потенциометрического титрования (опыт 3)

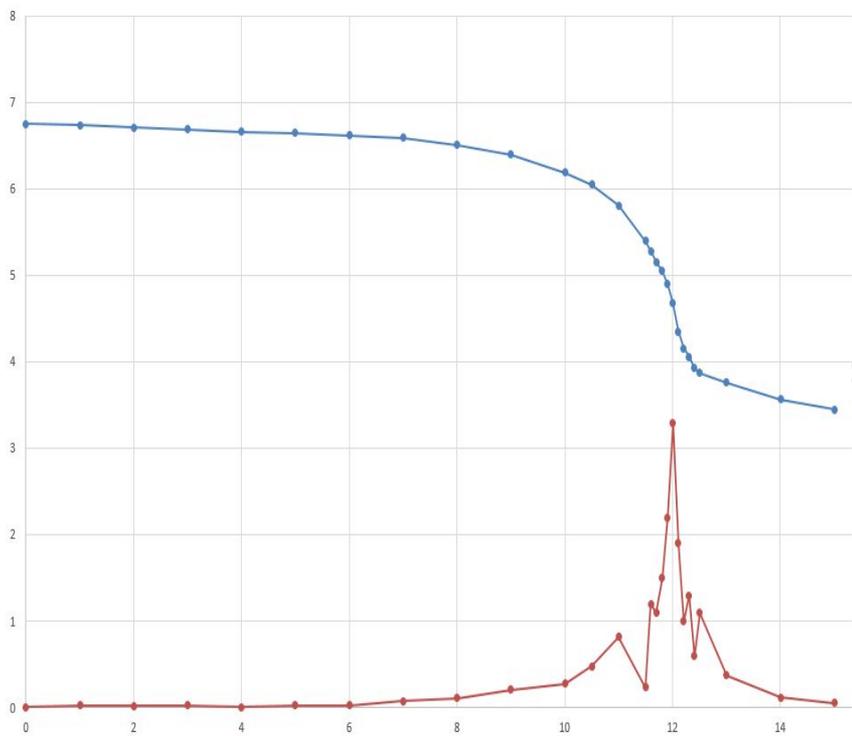
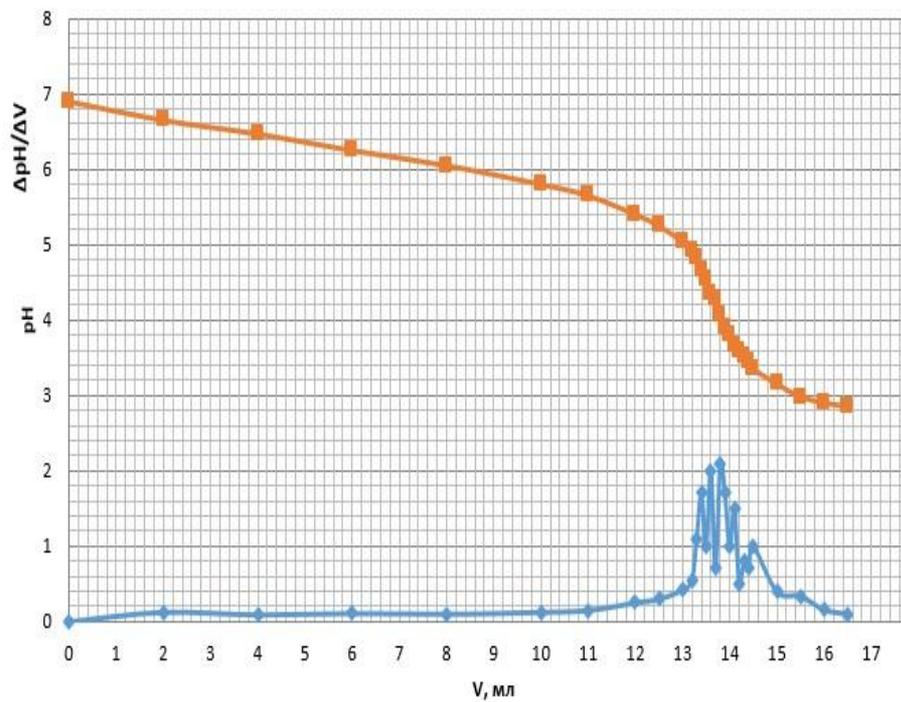


График 1



Статистическая обработка результатов анализа

Обработка данных о содержании кальция:

1) Среднее арифметическое значение концентрации:

$$C_{\text{ср}} = \frac{\sum C_i}{n} = \frac{228,46 + 230,46,1 + 230,46}{3} = 229,79 \text{ мг/л}$$

2) Стандартное отклонение:

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum (C_i - C)^2}{n-1}} = 1,15 \text{ мг/л}$$

3) Относительное отклонение:

$$S_{\text{готн}} = \frac{S}{C_{\text{ср}}} * 100\% = \frac{4,01}{56,11} * 100\% = 0,5\%$$

4) Доверительный интервал:

$$\Delta C = \frac{S_r * t}{\sqrt{n}} = \frac{4,01 * 2,87}{\sqrt{3}} = \pm 2,85 \text{ мг/л}$$

5) Значение концентрации с учётом доверительного интервала:

$$C = (229,79 - 2,89; 229,79 + 2,89) = (226,9; 232,68) \text{ мг/л}$$

● Обработка данных о содержании кальция:

• 1) Среднее арифметическое значение концентрации:

$$C_{\text{ср}} = \frac{\sum C_i}{n} = \frac{60,12 + 52,1 + 56,12}{3} = 56,11 \text{ мг/л}$$

• 2) Стандартное отклонение:

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum (C_i - C)^2}{n-1}} = 4,01 \text{ мг/л}$$

• 3) Относительное отклонение:

$$S_{\text{готн}} = \frac{S}{C_{\text{ср}}} * 100\% = \frac{4,01}{56,11} * 100\% = 7,1\%$$

• 4) Доверительный интервал:

$$\Delta C = \frac{S_r * t}{\sqrt{n}} = \frac{4,01 * 2,87}{\sqrt{3}} = \pm 6,64 \text{ мг/л}$$

• 5) Значение концентрации с учётом доверительного интервала:

$$C = (56,11 - 6,64; 56,11 + 6,64) = (49,47; 62,75) \text{ мг/л}$$

Статистическая обработка результатов анализа

Обработка данных о содержании магния:

- Среднее арифметическое значение концентрации:

$$C_{\text{ср}} = \frac{\sum C_i}{n} = \frac{19,2 + 16,8 + 18}{3} = 18 \text{ мг/л}$$

- Стандартное отклонение:

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum (C_i - C)^2}{n-1}} = 1,2 \text{ мг/л}$$

Относительное отклонение:

$$S_{\text{готн}} = \frac{S}{C_{\text{ср}}} * 100\% = \frac{1,5}{44,88} * 100\% = 6,6\%$$

4) Доверительный интервал:

$$\Delta C = \frac{S_r * t}{\sqrt{n}} = \frac{1,5 * 2,87}{\sqrt{3}} = \pm 2,98 \text{ мг/л}$$

5) Значение концентрации с учётом доверительного интервала:

$$C = (18 - 2,98; 18 + 2,98) = (15,02; 20,98) \text{ мг/л}$$

Обработка данных о содержании магния:

- Среднее арифметическое значение концентрации:

$$C_{\text{ср}} = \frac{\sum C_i}{n} = \frac{46,17 + 43,74 + 44,71}{3} = 44,88 \text{ мг/л}$$

- Стандартное отклонение:

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum (C_i - C)^2}{n-1}} = 1,5 \text{ мг/л}$$

Относительное отклонение:

$$S_{\text{готн}} = \frac{S}{C_{\text{ср}}} * 100\% = \frac{1,5}{44,88} * 100\% = 3,34\%$$

4) Доверительный интервал:

$$\Delta C = \frac{S_r * t}{\sqrt{n}} = \frac{1,5 * 2,87}{\sqrt{3}} = \pm 2,45 \text{ мг/л}$$

5) Значение концентрации с учётом доверительного

интервала:

$$C = (44,88 - 2,45; 44,88 + 2,45) = (42,43; 47,33) \text{ мг/л}$$

Статистическая обработка результатов анализа

Обработка данных о содержании HCO_3^- :

- 1) Среднее арифметическое значение концентрации:

$$C_{\text{ср}} = \frac{\sum C_i}{n} = \frac{4413,96 + 4413,96 + 4413,96}{3} = 4413,96 \text{ мг/л}$$

- 2) Стандартное отклонение:

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum (C_i - C)^2}{n-1}} = 0 \text{ мг/л}$$

- 3) Относительное отклонение:

$$S_{\text{ротно}} = \frac{S}{C_{\text{ср}}} * 100\% = 0\%$$

- 4) Доверительный интервал:

$$\Delta C = \frac{S_r * t}{\sqrt{n}} = 0 \text{ мг/л}$$

- Значение массовой концентрации с учётом доверительного интервала:

$$C = (4413,96 + 0,00) \text{ мг/л}$$

Обработка данных о содержании HCO_3^- :

- 1) Среднее арифметическое значение концентрации:

$$C_{\text{ср}} = \frac{\sum C_i}{n} = \frac{1525 + 1525 + 1525}{3} = 1525 \text{ мг/л}$$

- 2) Стандартное отклонение:

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum (C_i - C)^2}{n-1}} = 0 \text{ мг/л}$$

- 3) Относительное отклонение:

$$S_{\text{ротно}} = \frac{S}{C_{\text{ср}}} * 100\% = 0\%$$

- 4) Доверительный интервал:

$$\Delta C = \frac{S_r * t}{\sqrt{n}} = 0 \text{ мг/л}$$

Значение массовой концентрации с учётом доверительного интервала:

$$C = (1525 + 0,00) \text{ мг/л}$$

заключение

Элементы	Заявленные значения мг/л	Полученные значения мг/л
кальций	25-50	
Магний	5-20	
гидрокарбонаты	150-250	

Элементы	Заявленные значения мг/л	Полученные значения мг/л
кальций	<100	56,11 ±6,64
Магний	<100	
гидрокарбонаты	1500-2700	1525 ±0,00

Спасибо за внимание