

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

**«Петербургский государственный университет путей сообщения
императора Александра I»**

ФГБОУ ВО ПГУПС

Шершнева М.В.

Контрольная работа по химии воды

Санкт-Петербург

2020

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01
– «Строительство», профиль «Водоснабжение и водоотведение»

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Щелочность и кислотность природных и сточных вод

1.1 Индивидуальные задания

1.2 Теоретические положения

1.3 Примеры решения задач

Введение

Контрольная работа включает решение задач на щелочность и кислотность. Содержит необходимые теоретические разделы и примеры решения задач по указанным темам.

Контрольная работа оформляется на листах формата А4, соединенных вместе (скрепкой, степлером или папка), печатным или рукописным текстом. Обязательно должен быть титульный лист. При оформлении нужно привести условие задачи, решение и ответ.

Номер варианта соответствует последним двум цифрам в зачетной книжке.

1. Щелочность и кислотность природных и сточных вод

1.1 Индивидуальные задания

Вариант 1.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 100 мл воды израсходовано по фенолфталеину 5 мл 0,1 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 3 мл 0,1 Н раствора кислоты.
2. В 10 л природной воды содержится 1830 г HCO_3^- . Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 200 мл?
3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 200 мл ее израсходовано 6 мл 0,2 Н раствора щелочи?
4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 200 м³/сут. с концентрацией серной кислоты 49 г/л. Другой цех сбрасывает 400 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 20 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?
5. Сточные воды, содержащие FeCl_3 , обрабатываются 0,5 Н раствором щелочи, объем которого равен 300 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 2.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 200 мл воды израсходовано по фенолфталеину 4 мл 0,2 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 8 мл 0,2 Н раствора кислоты.
2. В 100 л природной воды содержится 1700 мг гидросид-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 500 мл этой воды?
3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 50 мл ее израсходовано 2 мл 0,5 Н раствора щелочи?
4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 1000 м³/сут. с концентрацией соляной кислоты 36,5 г/л. Другой цех сбрасывает 200 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 80 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?
5. Сточные воды, содержащие $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, обрабатываются 0,2 Н раствором щелочи, объем которого равен 100 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 3.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 50 мл воды израсходовано по фенолфталеину 3 мл 0,1 Н

раствора кислоты, а по смешанному индикатору 2 мл 0,2 Н раствора кислоты.

2. В 50 л природной воды содержится 1200 мг карбонат-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 250 мл этой воды?

3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 500 мл ее израсходовано 3 мл 0,1 Н раствора щелочи?

4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве $500 \text{ м}^3/\text{сут.}$ с концентрацией серной кислоты 98 г/л. Другой цех сбрасывает $250 \text{ м}^3/\text{сут.}$ щелочных вод с концентрацией 40 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?

5. Сточные воды, содержащие CrCl_3 , обрабатываются 0,5 Н раствором щелочи, объем которого равен 500 м^3 . Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 4.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 200 мл воды израсходовано по фенолфталеину 3 мл 0,2 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 6 мл 0,1 Н раствора кислоты.

2. В 25 л природной воды содержится 1700 мг гидроксид-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 100 мл этой воды?

3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 50 мл ее израсходовано 4 мл 0,5 Н раствора щелочи?

4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве $500 \text{ м}^3/\text{сут.}$ с концентрацией соляной кислоты 7,1 г/л. Другой цех сбрасывает $1000 \text{ м}^3/\text{сут.}$ щелочных вод с концентрацией 4 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?

5. Сточные воды, содержащие $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, обрабатываются 0,2 Н раствором серной кислоты, объем которого равен 100 м^3 . Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 5.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 200 мл воды израсходовано по фенолфталеину 8 мл 0,1 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 5 мл 0,2 Н раствора кислоты.

2. В 50 л природной воды содержится 1200 мг карбонат-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 200 мл этой воды?

3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 200 мл ее израсходовано 4 мл 0,2 Н раствора щелочи?
4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 1500 м³/сут. с концентрацией серной кислоты 4,9 г/л. Другой цех сбрасывает 500 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 4 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?
5. Сточные воды, содержащие FeCl₃, обрабатываются 0,5 Н раствором щелочи, объем которого равен 100 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 6.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 100 мл воды израсходовано по фенолфталеину 7 мл 0,2 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 3,5 мл 0,2 Н раствора кислоты.
2. В 250 л природной воды содержится 5100 мг гидроксид-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 100 мл этой воды?
3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 250 мл ее израсходовано 4 мл 0,5 Н раствора щелочи?
4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 300 м³/сут. с концентрацией соляной кислоты 14,2 г/л. Другой цех сбрасывает 150 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 8 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?
5. Сточные воды, содержащие Pb(NO₃)₂, обрабатываются 0,2 Н раствором H₂S, объем которого равен 200 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 7.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 250 мл воды израсходовано по фенолфталеину 4 мл 0,1 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 3 мл 0,1 Н раствора кислоты.
2. В 20 л природной воды содержится 1220 мг бикарбонат-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 500 мл этой воды?
3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 250 мл ее израсходовано 5 мл 0,2 Н раствора щелочи?
4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 100 м³/сут. с концентрацией серной кислоты 2,45 г/л. Другой цех сбрасывает 50 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 4 г/л

NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?

5. Сточные воды, содержащие $MnCl_2$, обрабатываются 0,5 Н раствором щелочи, объем которого равен 200 м^3 . Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 8.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 500 мл воды израсходовано по фенолфталеину 8 мл 0,2 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 4 мл 0,1 Н раствора кислоты.

2. В 100 л природной воды содержится 5100 мг гидроксид-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 200 мл этой воды?

3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 200 мл ее израсходовано 5 мл 0,5 Н раствора щелочи?

4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве $200 \text{ м}^3/\text{сут.}$ с концентрацией соляной кислоты 3,65 г/л. Другой цех сбрасывает $400 \text{ м}^3/\text{сут.}$ щелочных вод с концентрацией 2 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?

5. Сточные воды, содержащие $FeCl_3$, обрабатываются 0,1 Н раствором Na_3PO_4 , объем которого равен 50 м^3 . Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 9.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 250 мл воды израсходовано по фенолфталеину 8 мл 0,1 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 4 мл 0,2 Н раствора кислоты.

2. В 10 л природной воды содержится 170 мг гидроксид-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 500 мл этой воды?

3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 500 мл ее израсходовано 5 мл 0,2 Н раствора щелочи?

4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве $50 \text{ м}^3/\text{сут.}$ с концентрацией серной кислоты 9,8 г/л. Другой цех сбрасывает $100 \text{ м}^3/\text{сут.}$ щелочных вод с концентрацией 8 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?

5. Сточные воды, содержащие $MnCl_3$, обрабатываются 0,2 Н раствором щелочи, объем которого равен 100 м^3 . Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 10.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 200 мл воды израсходовано по фенолфталеину 3 мл 0,2 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 5 мл 0,2 Н раствора кислоты.
2. В 20 л природной воды содержится 6800 мг гидроксид-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 200 мл этой воды?
3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 100 мл ее израсходовано 4 мл 0,5 Н раствора щелочи?
4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 200 м³/сут. с концентрацией серной кислоты 2,45 г/л. Другой цех сбрасывает 400 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 2 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?
5. Сточные воды, содержащие CuCl₂, обрабатываются 0,2 Н раствором H₂S, объем которого равен 200 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 11.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 50 мл воды израсходовано по фенолфталеину 2 мл 0,5 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 3 мл 0,5 Н раствора кислоты.
2. В 250 л природной воды содержится 15000 мг карбонат-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 100 мл этой воды?
3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 150 мл ее израсходовано 4 мл 0,5 Н раствора щелочи?
4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 30 м³/сут. с концентрацией соляной кислоты 7,10 г/л. Другой цех сбрасывает 15 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 4 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?
5. Сточные воды, содержащие CuCl₂, обрабатываются 0,2 Н раствором щелочи, объем которого равен 200 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 12.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 500 мл воды израсходовано по фенолфталеину 8 мл 0,2 Н

раствора кислоты, а по смешанному индикатору 4 мл 0,1 Н раствора кислоты.

2. В 5 л природной воды содержится 3050 мг гидрокарбонат-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 200 мл этой воды?

3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 50 мл ее израсходовано 4 мл 0,2 Н раствора щелочи?

4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве $150 \text{ м}^3/\text{сут.}$ с концентрацией серной кислоты 9,8 г/л. Другой цех сбрасывает $300 \text{ м}^3/\text{сут.}$ щелочных вод с концентрацией 8 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?

5. Сточные воды, содержащие PbCl_2 , обрабатываются 0,2 Н раствором щелочи, объем которого равен 100 м^3 . Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 13.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 100 мл воды израсходовано по фенолфталеину 6 мл 0,1 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 4 мл 0,1 Н раствора кислоты.

2. В 5 л природной воды содержится 600 мг карбонат-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 250 мл этой воды?

3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 250 мл ее израсходовано 5 мл 0,5 Н раствора щелочи?

4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве $400 \text{ м}^3/\text{сут.}$ с концентрацией соляной кислоты 14,2 г/л. Другой цех сбрасывает $800 \text{ м}^3/\text{сут.}$ щелочных вод с концентрацией 16 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?

5. Сточные воды, содержащие $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, обрабатываются 0,5 Н раствором H_2S , объем которого равен 200 м^3 . Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 14.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 100 мл воды израсходовано по фенолфталеину 5 мл 0,2 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 5 мл 0,1 Н раствора кислоты.

2. В 2 л природной воды содержится 102 мг гидроксид-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 250 мл этой воды?

3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 100 мл ее израсходовано 8 мл 0,5 Н раствора щелочи?
4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 100 м³/сут. с концентрацией серной кислоты 9,8 г/л. Другой цех сбрасывает 50 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 16 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?
5. Сточные воды, содержащие FeCl₃, обрабатываются 0,2 Н раствором Na₃PO₄, объем которого равен 20 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 15.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 500 мл воды израсходовано по фенолфталеину 5 мл 0,5 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 10 мл 0,1 Н раствора кислоты.
2. В 5 л природной воды содержится 600 мг карбонат-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 250 мл этой воды?
3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 200 мл ее израсходовано 4 мл 0,5 Н раствора щелочи?
4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 30 м³/сут. с концентрацией серной кислоты 19,6 г/л. Другой цех сбрасывает 60 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 16 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?
5. Сточные воды, содержащие CuCl₂, обрабатываются 0,5 Н раствором щелочи, объем которого равен 100 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 16.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 500 мл воды израсходовано по фенолфталеину 8 мл 0,2 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 5 мл 0,1 Н раствора кислоты.
2. В 10 л природной воды содержится 1700 мг гидроксид-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 200 мл этой воды?
3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 250 мл ее израсходовано 5 мл 0,1 Н раствора щелочи?
4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 300 м³/сут. с концентрацией серной кислоты 4,9 г/л. Другой цех сбрасывает 150 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 8

г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?

5. Сточные воды, содержащие соли Cr(III), обрабатываются 0,5 Н раствором щелочи, объем которого равен 200 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 17.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 100 мл воды израсходовано по фенолфталеину 5 мл 0,1 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 4 мл 0,1 Н раствора кислоты.

2. В 5 л природной воды содержится 300 мг карбонат-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 500 мл этой воды?

3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 100 мл ее израсходовано 4 мл 0,5 Н раствора щелочи?

4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 100 м³/сут. с концентрацией серной кислоты 19,6 г/л. Другой цех сбрасывает 300 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 16 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?

5. Сточные воды, содержащие соли Cu(II), обрабатываются 0,5 Н раствором щелочи, объем которого равен 250 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 18.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 250 мл воды израсходовано по фенолфталеину 5,5 мл 0,2 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 4 мл 0,2 Н раствора кислоты.

2. В 4 л природной воды содержится 488 мг гидрокарбонат-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 200 мл этой воды?

3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 400 мл ее израсходовано 3 мл 0,5 Н раствора щелочи?

4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 200 м³/сут. с концентрацией серной кислоты 7,1 г/л. Другой цех сбрасывает 400 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 8 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?

5. Сточные воды, содержащие соли Fe(III), обрабатываются 0,4 Н раствором щелочи, объем которого равен 500 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 19.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 100 мл воды израсходовано по фенолфталеину 2 мл 0,5 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 4 мл 0,5 Н раствора кислоты.
2. В 20 л природной воды содержится 244 мг гидрокарбонат-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 250 мл этой воды?
3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 500 мл ее израсходовано 8 мл 0,2 Н раствора щелочи?
4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 400 м³/сут. с концентрацией серной кислоты 49 г/л. Другой цех сбрасывает 800 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 20 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?
5. Сточные воды, содержащие соли кальция, обрабатываются 5 Н раствором соды, объем которого равен 100 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 20.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 200 мл воды израсходовано по фенолфталеину 10 мл 0,2 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 5 мл 0,2 Н раствора кислоты.
2. В 20 л природной воды содержится 2400 мг карбонат-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 500 мл этой воды?
3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 200 мл ее израсходовано 16 мл 0,1 Н раствора щелочи?
4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 30 м³/сут. с концентрацией серной кислоты 24,5 г/л. Другой цех сбрасывает 60 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 20 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?
5. Сточные воды, содержащие соли Pb(II), обрабатываются 2 Н раствором сульфида натрия, объем которого равен 50 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 21.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 250 мл воды израсходовано по фенолфталеину 11 мл 0,2

Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 8 мл 0,2 Н раствора кислоты.

2. В 50 л природной воды содержится 3000 мг карбонат-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 200 мл этой воды?

3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 400 мл ее израсходовано 10 мл 0,5 Н раствора щелочи?

4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 40 м³/сут. с концентрацией соляной кислоты 71 г/л. Другой цех сбрасывает 100 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 40 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?

5. Сточные воды, содержащие соли магния, обрабатываются 2 Н раствором щелочи, объем которого равен 50 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 22.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 250 мл воды израсходовано по фенолфталеину 12 мл 0,2 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 8 мл 0,2 Н раствора кислоты.

2. В 2 л природной воды содержится 340 мг гидроксид-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 100 мл этой воды?

3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 250 мл ее израсходовано 8 мл 0,5 Н раствора щелочи?

4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 80 м³/сут. с концентрацией соляной кислоты 2,45 г/л. Другой цех сбрасывает 40 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 8 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?

5. Сточные воды, содержащие соли кальция, обрабатываются 2 Н раствором Na₃PO₄, объем которого равен 1000 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 23.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 100 мл воды израсходовано по фенолфталеину 4 мл 0,5 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 4 мл 0,5 Н раствора кислоты.

2. В 40 л природной воды содержится 2400 мг карбонат-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 250 мл этой воды?

3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 200 мл ее израсходовано 10 мл 0,3 Н раствора щелочи?
4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 60 м³/сут. с концентрацией соляной кислоты 7,1 г/л. Другой цех сбрасывает 120 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 4 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?
5. Сточные воды, содержащие соли магния, обрабатываются 2 Н раствором Na₃PO₄, объем которого равен 20 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 24.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 400 мл воды израсходовано по фенолфталеину 15 мл 0,1 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 10 мл 0,1 Н раствора кислоты.
2. В 4 л природной воды содержится 204 мг гидроксид-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 100 мл этой воды?
3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 200 мл ее израсходовано 12 мл 0,5 Н раствора щелочи?
4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 120 м³/сут. с концентрацией серной кислоты 98 г/л. Другой цех сбрасывает 60 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 80 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?
5. Сточные воды, содержащие соли хрома (III), обрабатываются 0,5 Н раствором щелочи, объем которого равен 100 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 25.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 200 мл воды израсходовано по фенолфталеину 10 мл 0,2 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 20 мл 0,1 Н раствора кислоты.
2. В 100 л природной воды содержится 5100 мг гидроксид-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 200 мл этой воды?
3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 450 мл ее израсходовано 12 мл 0,2 Н раствора щелочи?
4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 150 м³/сут. с концентрацией серной кислоты 9,8 г/л. Другой цех сбрасывает 75 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 16

г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?

5. Сточные воды, содержащие соли свинца (II), обрабатываются 2 Н раствором сульфида натрия, объем которого равен 20 м^3 . Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 26.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 100 мл воды израсходовано по фенолфталеину 12 мл 0,1 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 15 мл 0,1 Н раствора кислоты.

2. В 8 л природной воды содержится 960 мг карбонат-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 250 мл этой воды?

3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 100 мл ее израсходовано 10 мл 0,5 Н раствора щелочи?

4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве $30 \text{ м}^3/\text{сут.}$ с концентрацией серной кислоты 9,8 г/л. Другой цех сбрасывает $15 \text{ м}^3/\text{сут.}$ щелочных вод с концентрацией 8 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?

5. Сточные воды, содержащие соли марганца (II), обрабатываются 2 Н раствором щелочи, объем которого равен 20 м^3 . Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 27.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 500 мл воды израсходовано по фенолфталеину 16 мл 0,2 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 8 мл 0,2 Н раствора кислоты.

2. В 10 л природной воды содержится 1200 мг карбонат-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 250 мл этой воды?

3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 200 мл ее израсходовано 8 мл 0,1 Н раствора щелочи?

4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве $100 \text{ м}^3/\text{сут.}$ с концентрацией серной кислоты 3,65 г/л. Другой цех сбрасывает $50 \text{ м}^3/\text{сут.}$ щелочных вод с концентрацией 8 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?

5. Сточные воды, содержащие соли кобальта (II), обрабатываются 0,5 Н раствором щелочи, объем которого равен 50 м^3 . Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 28.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 500 мл воды израсходовано по фенолфталеину 15 мл 0,1 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 8 мл 0,1 Н раствора кислоты.
2. В 20 л природной воды содержится 1360 мг гидроксид-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 200 мл этой воды?
3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 500 мл ее израсходовано 20 мл 0,5 Н раствора щелочи?
4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 30 м³/сут. с концентрацией серной кислоты 4,9 г/л. Другой цех сбрасывает 60 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 2 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?
5. Сточные воды, содержащие соли кадмия, обрабатываются 0,5 Н раствором сульфида натрия, объем которого равен 20 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 29.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 200 мл воды израсходовано по фенолфталеину 4 мл 0,2 Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 8 мл 0,2 Н раствора кислоты.
2. В 4 л природной воды содержится 960 мг карбонат-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 200 мл этой воды?
3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 400 мл ее израсходовано 8 мл 0,2 Н раствора щелочи?
4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 300 м³/сут. с концентрацией соляной кислоты 7,1 г/л. Другой цех сбрасывает 150 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 8 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?
5. Сточные воды, содержащие соли никеля (II), обрабатываются 2 Н раствором щелочи, объем которого равен 10 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вариант 30.

1. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 250 мл воды израсходовано по фенолфталеину 10 мл 0,1

Н раствора кислоты, а по смешанному индикатору 15 мл 0,1 Н раствора кислоты.

2. В 2 л природной воды содержится 488 мг гидрокарбонат-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуется на титрование 500 мл этой воды?

3. Чему равна кислотность воды, если на титрование 100 мл ее израсходовано 12 мл 0,05 Н раствора щелочи?

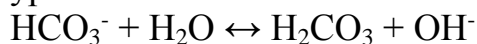
4. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 200 м³/сут. с концентрацией соляной кислоты 24,5 г/л. Другой цех сбрасывает 100 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 40 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?

5. Сточные воды, содержащие соли серебра, обрабатываются 0,2 Н раствором хлорида натрия, объем которого равен 20 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

1.2 Теоретические положения

Щелочность воды: бикарбонатная (Щ_б), карбонатная (Щ_к), гидратная (Щ_г) и общая (Щ_о) – определяется соответственно концентрацией ионов: бикарбонатных HCO₃⁻, карбонатных CO₃²⁻ и гидросильных OH⁻. Общая щелочность равна сумме ммоль эквивалентов ионов HCO₃⁻, CO₃²⁻ и OH⁻, содержащихся в 1 л воды.

Щелочность природных вод чаще всего обусловлена гидролизом солей, образованных угольной кислотой (бикарбонатов и карбонатов) с сильными основаниями. Гидролиз таких солей соответствует следующим уравнениям:



Между концентрацией водородных и гидроксильных ионов в природных водах существует определенное соотношение, количественно связанное с концентрацией угольной кислоты, бикарбонатов и карбонатов, которое отвечает определенным требованиям pH. Так, при pH = 0-4 в природных водах могут находиться сильные минеральные кислоты, при pH = 4-8,36 угольная кислота в равновесии с бикарбонатами, при pH = 8,36 – 12 – бикарбонаты в равновесии с карбонатами, при pH = 12-14 – сильные основания.

При определении кислотности и щелочности природных вод могут быть следующие варианты:

1. При добавлении к пробе воды двух-трех капель раствора фенолфталеина (ф/ф) он не окрашивается в малиновый цвет, а при добавлении нескольких капель смешенного индикатора, последний приобретает фиолетовую окраску. В этом случае pH среды лежит в

интервале от 0 до 4, т.е. в воде содержатся сильные минеральные кислоты. Для определения их концентрации необходимо определенный объем исследуемой воды оттитровать раствором щелочи строго определенной концентрации до перехода фиолетовой окраски в сероголубую и рассчитать кислотность по формуле:

$$\text{Кислотность} = (N_{\text{щ}} \cdot V_{\text{щ}} \cdot 1000) / V_{\text{H}_2\text{O}} \text{ ммоль экв./л}$$

$N_{\text{щ}}$ – нормальность щелочи, моль экв./л

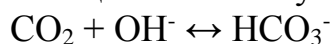
$V_{\text{щ}}$ - объем щелочи, мл

$V_{\text{H}_2\text{O}}$ – объем исследуемой воды, мл

2. При добавлении к пробе воды двух-трех капель ф/ф окраска не изменяется, а при добавлении нескольких капель смешанного индикатора он окрашивается в зеленый цвет. В этом случае рН среды лежит в интервале от 4 до 8,36. В воде содержится свободная углекислота CO_2 в равновесии с бикарбонатными ионами HCO_3^- и водородными ионами. Концентрация угольной кислоты (или других кислот) определяется титрованием пробы воды в присутствии ф/ф раствором щелочи до появления малинового окрашивания и рассчитывается по следующей формуле, ммоль экв./л:

$$[\text{CO}_2] = (N_{\text{щ}} \cdot V_{\text{щ}} \cdot 1000) / V_{\text{H}_2\text{O}}$$

Реакция в этом случае протекает по уравнению:



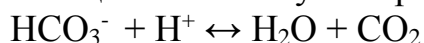
Концентрацию бикарбонатных ионов определяют в отдельной пробе воды титрованием раствором соляной кислоты в присутствии смешанного индикатора до перехода зеленой окраски в серо-голубую и рассчитывают по следующей формуле, ммоль экв./л:

$$[\text{HCO}_3^-] = (N_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} \cdot 1000) / V_{\text{H}_2\text{O}}$$

N_{HCl} – нормальность раствора соляной кислоты, моль экв./л

V_{HCl} – объем раствора соляной кислоты, пошедшего на титрование, мл

Реакция в этом случае протекает по уравнению:



3. При добавлении к пробе 2-3 капель раствора ф/ф он окрашивается в малиновый цвет, а смешанный индикатор приобретает зеленое окрашивание. Значение рН в этом случае находится в интервале от 8,36 до 14. Данная вода может содержать либо бикарбонатные ионы в равновесии с карбонатными и водородными, либо только карбонатным и гидроксильные, либо только гидроксильные.

Концентрацию этих ионов определяют последовательным титрованием пробы воды в присутствии ф/ф раствором соляной кислоты до обесцвечивания малиновой окраски, а затем, добавляя несколько капель смешанного индикатора, продолжают титровать до перехода зеленого окрашивания в серовато-голубой. При этом могут быть следующие варианты:

а) если при титровании по фенолфталеину расходуется определенный объем соляной кислоты, а по смешанному индикатору кислота не

расходуется, то в воде содержатся только сильные щелочи, обуславливающие только **гидратную щелочность**. Ее рассчитывают по формуле, ммоль экв./л:

$$\text{Щ}_r = (\text{H}_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} \cdot 1000) / V_{\text{H}_2\text{O}}$$

При этом реакция происходит по следующему уравнению:



б) если при последовательном титровании по ф/ф и смешанному индикатору расходуется одинаковое количество ммоль эквивалентов кислоты, то в этом случае вода содержит только карбонатные ионы CO_3^{2-} , обуславливающие **карбонатную щелочность**.

Щелочность карбонатная рассчитывается по формуле, ммоль экв./л

$$\text{Щ}_k = 2 \cdot (\text{H}_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} \cdot 1000) / V_{\text{H}_2\text{O}}$$

в) если при последовательном титровании по ф/ф расходуется большее количество ммоль эквивалентов кислоты, чем по смешанному индикатору, то вода обладает гидратной и карбонатной щелочностью. При этом щелочность карбонатная рассчитывается по вышеприведенной формуле, а щелочность гидратная по следующей, ммоль экв./л

$$\text{Щ}_r = \text{H}_{\text{HCl}} \cdot (V_1 - V_2) \cdot 1000 / V_{\text{H}_2\text{O}}$$

V_1 – объем раствора соляной кислоты, пошедшей на титрование по ф/ф, мл;

V_2 – объем раствора соляной кислоты, пошедшей на титрование по смешанному индикатору, мл;

Общая щелочность в этом случае равна

$$\text{Щ}_o = \text{Щ}_k + \text{Щ}_r$$

г) если при последовательном титровании по ф/ф расходуется меньшее количество ммоль эквивалентов соляной кислоты, чем по смешанному индикатору, то вода обладает карбонатной и бикарбонатной щелочностями. При этом щелочность карбонатная рассчитывается по вышеприведенной формуле, а щелочность бикарбонатная по следующей, ммоль экв./л

$$\text{Щ}_b = \text{H}_{\text{HCl}} \cdot (V_2 - V_1) \cdot 1000 / V_{\text{H}_2\text{O}}$$

V_1 – объем раствора соляной кислоты, пошедшей на титрование по ф/ф, мл;

V_2 – объем раствора соляной кислоты, пошедшей на титрование по смешанному индикатору, мл;

Общая щелочность в этом случае равна

$$\text{Щ}_o = \text{Щ}_k + \text{Щ}_b$$

При определении щелочности можно использовать вместо смешанного индикатора метилоранж, расчет по которому производится аналогично вышеприведенным.

1.3 Примеры решения задач

Задача. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 100 мл воды по фенолфталеину израсходовано 7 мл 0,15Н раствора HCl, а по смешанному индикатору – 5 мл 0,15Н раствора HCl.

По фенолфталеину израсходовано больше, значит, вода обладает карбонатной и гидратной щелочностью.

$$\text{Щ}_к = 2 \cdot (N_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} \cdot 1000) / V_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \cdot (0,15 \cdot 5 \cdot 1000) / 100 = 15 \text{ ммоль экв./л}$$

$$\text{Щ}_г = N_{\text{HCl}} \cdot (V_1 - V_2) \cdot 1000 / V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,15 \cdot (7 - 5) \cdot 1000 / 100 = 3 \text{ ммоль экв./л}$$

N_{HCl} – нормальность раствора соляной кислоты, моль экв./л

V_1 – объем раствора соляной кислоты, пошедшей на титрование по ф/ф, мл;

V_2 – объем раствора соляной кислоты, пошедшей на титрование по смешанному индикатору, мл;

Общая щелочность в этом случае равна:

$$\text{Щ}_0 = \text{Щ}_к + \text{Щ}_г = 15 + 3 = 18 \text{ ммоль экв./л}$$

Задача. Рассчитать все виды щелочности, если на последовательное титрование 100 мл воды по фенолфталеину израсходовано 4 мл 0,15Н раствора HCl, а по смешанному индикатору – 5 мл 0,2Н раствора HCl.

По смешанному индикатору израсходовано больше, значит, вода обладает карбонатной и бикарбонатной щелочностями.

$$\text{Щ}_к = 2 \cdot (N_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} \cdot 1000) / V_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \cdot (0,15 \cdot 4 \cdot 1000) / 100 = 12 \text{ ммоль экв./л}$$

$$\text{Щ}_б = N_{\text{HCl}} \cdot (V_2 - V_1) \cdot 1000 / V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,2 \cdot (5 - 4) \cdot 1000 / 100 = 2 \text{ ммоль экв./л}$$

V_1 – объем раствора соляной кислоты, пошедшей на титрование по ф/ф, мл;

V_2 – объем раствора соляной кислоты, пошедшей на титрование по смешанному индикатору, мл;

Общая щелочность в этом случае равна

$$\text{Щ}_0 = \text{Щ}_к + \text{Щ}_б = 12 + 2 = 14 \text{ ммоль экв./л}$$

Задача. В 2 л природной воды содержится 488 мг гидрокарбонат-ионов. Сколько ммоль эквивалентов кислоты потребуются на титрование 500 мл этой воды?

С учетом закона эквивалентов, количество эквивалентов рассчитывается по формуле:

$$n_{\text{экв.}} = N \cdot V, \text{ где}$$

N – нормальность раствора, моль экв. /л

V – объем раствора, л

Нормальность раствора рассчитываем по формуле:

$$N = m_{\text{в-ва}} / (M_{\text{Э в-ва}} \cdot V_{\text{р-ра}}) = 0,488 / (61 \cdot 2) = 0,004 \text{ моль экв. /л}$$

$M_{\text{Э-ва}}$ – моль экв. масса вещества. По условиям задачи для гидрокарбонат-ионов составляет 61 г/ моль экв.

$$n_{\text{экв.}} = N \cdot V = 0,004 \cdot 0,5 = 0,002 \text{ моль экв.} = 2 \text{ ммоль экв.}$$

Задача. Чему равна кислотность воды, если на титрование 100 мл израсходовано 2 мл 0,13Н раствора щелочи.

$$\text{Кислотность} = (N_{\text{щ}} \cdot V_{\text{щ}} \cdot 1000) / V_{\text{H}_2\text{O}} = (0,13 \cdot 2 \cdot 1000) / 100 = 2,6 \text{ ммоль экв./л}$$

Задача. Один из цехов завода сбрасывает кислотные сточные воды в количестве 200 м³/сут. с концентрацией соляной кислоты 24,5 г/л. Другой цех сбрасывает 100 м³/сут. щелочных вод с концентрацией 40 г/л NaOH. В каком соотношении должны быть смешаны воды для их взаимной нейтрализации?

Для взаимной нейтрализации должен выполняться закон эквивалентов с учетом нормальной концентрации:

$$n_{\text{экв.}} = N_{\text{к}} \cdot V_{\text{к}} = N_{\text{щ}} \cdot V_{\text{щ}},$$

где $N_{\text{к}}$, $V_{\text{к}}$, $N_{\text{щ}}$, $V_{\text{щ}}$, - нормальная концентрация и объем кислоты и щелочи соответственной.

$$N_{\text{к}} = 24,5 / (36,5 \cdot 1) = 0,67 \text{ моль экв./л}$$

$$N_{\text{щ}} = 40 / (40 \cdot 1) = 1 \text{ моль экв./л}$$

$$n_{\text{экв.к.}} = N_{\text{к}} \cdot V_{\text{к}} = 0,67 \cdot 200\,000 = 134\,000 \text{ моль экв. /сут.}$$

$$n_{\text{экв.щ}} = N_{\text{щ}} \cdot V_{\text{щ}} = 1 \cdot 100\,000 = 100\,000 \text{ моль экв. /сут.}$$

$$134\,000 - 1 \text{ часть}$$

$$100\,000 \cdot x = 134\,000, x = 1,34$$

Значит, для взаимной нейтрализации необходимо смешивать 1 часть кислотных вод с 1,34 частью щелочных вод.

Задача. Сточные воды, содержащие соли серебра, обрабатываются 0,2 Н раствором хлорида натрия, объем которого равен 20 м³. Вычислить массу вещества, выпадающего в осадок.

Вещество, выпадающее в осадок, AgCl с моль эквивалентной массой ($M_{\text{Э}}$) равной 143,5 г/ моль экв. Масса вещества рассчитывается по формуле:

$$m_{\text{в-ва}} = M_{\text{Э-ва}} \cdot N \cdot V = 143,5 \cdot 0,2 \cdot 20\,000 = 574\,000 \text{ г} = 574 \text{ кг}$$