

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 04.10.2023 10:27:13  
Уникальный программный ключ:  
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

## МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра фундаментальной химии и химической технологии



**АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД**  
методические указания для самостоятельной работы студентов на-  
правления 08.03.01 Строительство

Курск - 2019

УДК 540

Составитель Е. А. Фатьянова

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент *Н.В. Кувардин*

**Анализ природных и сточных вод:** методические указания для самостоятельной работы студентов направления 08.03.01 Строительство / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Е.А. Фатьянова. Курск, 2019, 19с.: прилож. Библиогр.: с. 4.

Представлены задачи и упражнения по основным разделам курса «Анализ природных и сточных вод», предлагаемые для самостоятельного, индивидуального выполнения.

Предназначены для студентов направления 08.03.01.

Текст печатается в авторской рецензии

Подписано в печать 22.07.19. Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 0,9. Уч.-изд. л. 0,8. Тираж 100 экз. Заказ. 537. Бесплатно.

Юго–Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
Список рекомендуемой литературы .....	4
Нормирование примесей в воде по органолептическому и санитарно-токсикологическому показателям .....	5
Результаты проведения анализа .....	6
Способы выражения концентрации растворов .....	7
Произведение растворимости .....	8
pH водно-дисперсных систем .....	9
Кислотность и щёлочность воды .....	10
Окислительно-восстановительные процессы .....	11
Варианты заданий индивидуальной работы .....	12
Приложение .....	14

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящее методическое указание по курсу «Анализ природных и сточных вод» включает контрольные задачи и упражнения в количестве 70 и предназначено для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство», профиль «Водоснабжение и водоотведение».

В указание входят задания из различных разделов курса. Каждый студент выполняет индивидуальный вариант заданий, включающий 7 задач и упражнений из всех разделов. Набор заданий, относящихся к данному варианту, обозначен в таблице. В приложении указаний приведены формулы, которые могут использоваться студентами при выполнении индивидуальных заданий.

Индивидуальные контрольные задания студентами заочной формы обучения выполняются в межсессионный период и сдаются на проверку за неделю до начала сессии.

Индивидуальное выполнение задач и упражнений позволяет студентам приобрести навыки для проведения расчётов важнейших показателей природных и сточных вод и успешно подготовиться к зачету по дисциплине «Анализ природных и сточных вод».

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Возная Н.Ф. Химия воды и микробиология. М.: Высш. шк., 1987г.
2. Ивчатов А.Л., Малов В.И. Химия воды и микробиология. М.: ИНФРА-М, 2006 г.
3. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. М.: Химия, 1984 г.
4. Романцева Л.М. и др. Сборник задач и упражнений по общей химии. М.: Высш. шк., 1991г.
5. Таубе П.Р., Баранова А.Г. Химия воды и микробиология. М.: Высш. шк., 1993 г.
6. Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии. М.: Интграл-прес, 2002г.
7. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого снабжения. Контроль качества» от 26.09.2001, дата введения 01.01.2002.

## Нормирование примесей в воде по органолептическому и санитарно-токсикологическому показателям

1. Можно ли использовать для питьевых целей воду, если она обладает следующими показателями:

запах – 1 балл, привкуса нет, цветность –  $15^0$ , мутность – 1,2 мг/л, молибден – 0,1 мг/л, свинец – 0,09 мг/л ?

2. Можно ли использовать для питьевых целей воду, если она обладает следующими показателями:

запах – 0 баллов, привкуса нет, цветность –  $10^0$ , мутность – 1,5 мг/л, прозрачность – 33 см; железо – 0,1 мг/л, сульфаты – 200 мг/л, фтор – 0,2 мг/л, свинец – 0,05 мг/л?

3. Можно ли использовать для питьевых целей воду, если она обладает следующими показателями:

запах – 1 балл, привкуса нет, цветность –  $5^0$ , мутность – 0,5 мг/л, прозрачность – 35 см, мышьяк – 0,03 мг/л, хлориды – 150 мг/л, нитраты – 8 мг/л ?

4. Можно ли использовать для питьевых целей воду, если она обладает следующими показателями:

запах – 1 балл, привкуса нет, цветность –  $10^0$ , мутность – 1,3 мг/л, прозрачность – 30 см; железо – 0,2 мг/л, медь – 0,5 мг/л, свинец – 0,02 мг/л, нитраты – 5 мг/л?

5. Можно ли использовать для питьевых целей воду, если она обладает следующими показателями:

запах – 2 баллов, привкуса нет, цветность –  $10^0$ , мутность – 1 мг/л, прозрачность – 34 см; железо – 0,2 мг/л, хлориды – 300 мг/л, нитраты – 3 мг/л, свинец – 0,01 мг/л?

6. Можно ли использовать для питьевых целей воду, если она обладает следующими показателями:

запах – 1 балл, привкуса нет, цветность –  $20^0$ , мутность – 2 мг/л, прозрачность – 25 см; марганец – 0,05 мг/л, медь – 0,2 мг/л, свинец – 0,04 мг/л, нитраты – 6 мг/л, молибден – 0,4 мг/л ?

7. Можно ли использовать для питьевых целей воду, если она обладает следующими показателями:

запах – 0 баллов, привкуса нет, цветность –  $10^0$ , мутность – 1 мг/л, прозрачность – 40 см; железо – 0,2 мг/л, цинк – 1 мг/л, медь –

0,05 мг/л, сульфаты – 300 мг/л, свинец – 0,01 мг/л, нитраты – 2 мг/л, фтор – 0,5 мг/л, ПАА – 0,5 мг/л ?

8. Можно ли использовать для питьевых целей воду, если она обладает следующими показателями:

запах – 2 балла, привкус – 1 балл, цветность –  $20^0$ , мутность – 0,5 мг/л, прозрачность – 37 см; хлориды – 250 мг/л, сульфаты – 300 мг/л, медь – 0,05 мг/л, нитраты – 1 мг/л, свинец – 0,02 мг/л, молибден – 0,03 мг/л?

9. Можно ли использовать для питьевых целей воду, если она обладает следующими показателями:

запах – 1 балл, привкус – 2 балла, цветность –  $15^0$ , мутность – 1,8 мг/л, прозрачность – 30 см; железо – 0,1 мг/л, сульфаты – 100 мг/л, хлориды – 200 мг/л, свинец – 0,02 мг/л, молибден – 0,1 мг/л, нитраты – 1 мг/л, ПАА – 0,5 мг/л ?

10. Можно ли использовать для питьевых целей воду, если она обладает следующими показателями:

запаха нет, привкус – 1 балл, цветность –  $2^0$ , мутность – 1,5 мг/л, прозрачность – 32 см; железо – 0,2 мг/л, медь – 0,5 мг/л, цинк – 1 мг/л, нитраты – 7 мг/л, свинец – 0,08 мг/л, молибден – 0,1 мг/л, селен – 0,0005 мг/л, фтор – 0,5 мг/л?

### Результаты проведения анализа

11. В природной воде найдено:  $\text{Ca}^{2+}$  - 95 мг/л,  $\text{Mg}^{2+}$  - 42,4 мг/л,  $\text{SO}_4^{2-}$  - 0,2 г/л,  $\text{Cl}^-$  - 0,035 г/л,  $\text{HCO}_3^-$  - 200 мг/л. Выразите результат анализа в миллиграмм-эквивалент на 1 литр.

12. В природной воде найдено:  $\text{Ca}^{2+}$  - 2 мг-экв/л,  $\text{Mg}^{2+}$  - 0,5 мг-экв/л,  $\text{SO}_4^{2-}$  - 0,39 мг-экв/л,  $\text{HCO}_3^-$  - 10,11 мг-экв/л. Выразите результат анализа в миллиграммах на 1 литр.

13. Проверим правильность результатов анализа воды, если в её пробе найдено:  $\text{Ca}^{2+}$  - 70,0 мг/л,  $\text{Mg}^{2+}$  - 50,4 мг/л,  $\text{SO}_4^{2-}$  - 57,6 г/л,  $\text{Cl}^-$  - 49,7 г/л,  $\text{HCO}_3^-$  - 0,42 г/л,  $\text{Na}^+$  - 41,4 мг/л, плотный остаток – 491,5 мг/л.

14. Содержание ионов в воде в мг-экв/л:  $\text{Ca}^{2+}$  - 5,00,  $\text{Mg}^{2+}$  - 1,75,  $\text{SO}_4^{2-}$  - 7,00,  $\text{Cl}^-$  - 2,5,  $\text{HCO}_3^-$  - 0,70. Определите содержание ионов натрия в этой воде.

15. Проверим правильность анализа воды по следующим данным:  $\text{CaO}$  – 140 мг/л,  $\text{MgO}$  – 30 мг/л,  $\text{Na}^+$  - 46 мг/л,  $\text{SO}_4^{2-}$  - 240 мг/л,

$\text{HCO}_3^-$  - 122 мг/л,  $\text{Cl}^-$  - 53,3 мг/л. Никаких других ионов в воде не обнаружено.

16. Проверить правильность анализа по следующим данным:  $\text{CaO}$  – 3,03мг-экв/л,  $\text{MgO}$  – 1,07 мг-экв/л,  $\text{Na}^+$  - 50 мг/л,  $\text{SO}_4^{2-}$  - 170мг/л,  $\text{HCO}_3^-$  - 122 мг/л,  $\text{Cl}^-$  - 70 мг/л. Никаких других ионов в воде не обнаружено.

17. Проверить правильность воды курорта «Ключи» по следующим данным:  $\text{SiO}_2$  – 13,4мг/л,  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  – 7мг/л,  $\text{Ca}^{2+}$  - 265мг/л,  $\text{Mg}^{2+}$  - 80мг/л,  $\text{Cl}^-$  - 165мг/л,  $\text{HCO}_3^-$  - 320,6мг/л,  $\text{SO}_4^{2-}$  - 1248мг/л,  $\text{Na}^+$  - 370 мг/л.

18. Каково содержание натрия в воде, включающей:  $\text{Ca}^{2+}$  - 4,64 мг-экв/л,  $\text{Mg}^{2+}$  - 1,78 мг-экв/л,  $\text{HCO}_3^-$  - 284 мг/л,  $\text{SO}_4^{2-}$  - 87 мг/л,  $\text{Cl}^-$  - 100 мг/л.

19. По данным анализа общая жёсткость воды 5,35 мг-экв/л, содержание  $\text{HCO}_3^-$  - 100 мг/л,  $\text{SO}_4^{2-}$  - 225 мг/л. Каково содержание натрия в воде?

20. Каково содержание натрия в воде, включающей  $\text{Cl}^-$  - 100мг/л,  $\text{SO}_4^{2-}$  - 170 мг/л,  $\text{HCO}_3^-$  - 244 мг/л,  $\text{CaO}$  – 140 мг/л,  $\text{MgO}$  – 60 мг/л.

### Способы выражения концентрации растворов

21. Какой объём воды и какое количество восемнадцативодного сульфата алюминия, применяемого в качестве коагулянта, надо взять для приготовления 2 л 4%-ного раствора сульфата алюминия плотностью 1,05 г/см<sup>3</sup> ?

22. Сколько литров 37%-ной соляной кислоты плотностью 1,19 г/см<sup>3</sup> необходимо взять для приготовления 10 л 20%-ного раствора плотностью 1,105 г/см<sup>3</sup>?

23. Сколько литров 22% - ного раствора хлорида натрия плотностью 1,164 г/см<sup>3</sup> и воды нужно взять для приготовления 2 л 10%-ного раствора плотностью 1,105 г/см<sup>3</sup> ?

24. К 200 мл 2 н. раствора ортофосфата натрия, применяемого для умягчения воды, добавили 300мл воды. Определите нормальную концентрацию полученного раствора и массу соли в 1 мл раствора.

25. Рассчитайте процентную концентрацию раствора соляной кислоты, полученного смешиванием 2 л 10,52%-ного раствора соля-

ной кислоты плотностью  $1,05 \text{ г/см}^3$  и 500 мл 20%-ного раствора соляной кислоты плотностью  $1,105 \text{ г/см}^3$ .

26. Дозировка восемнадцативодного сульфата алюминия при коагуляции воды из одного водоёма составляла 164 мг/л. Концентрация сульфата алюминия в коагулирующем растворе равна 1%, плотностью  $1,01 \text{ г/см}^3$ . Какой объём коагулирующего раствора надо добавить на каждый литр воды в водоёме?

27. Сколько кг семиводного сульфата железа (II) потребуется для приготовления  $1 \text{ м}^3$  раствора, содержащего 70 г/л безводной соли?

28. Сколько литров 0,25 н. раствора ортофосфата натрия можно приготовить из 2 л 1,21 молярного раствора?

29. 10%-ный раствор дигидроортофосфата натрия плотностью  $1,073 \text{ г/см}^3$  нейтрализован 0,5 н. раствором щелочи до ортофосфата натрия. Какова нормальная концентрация полученного раствора.

30. Титр раствора едко кали 0,0302. Определите содержание щёлочи в мг-экв/л и нормальную концентрацию раствора.

### Произведение растворимости

31. Сточная вода содержит соли железа. Железо удаляют в форме гидроксида. В каком виде следует осаждать железо в форме  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  или  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , чтобы удаление было наиболее полным? Рассчитайте остаточную концентрацию железа в г-ион/л после осаждения эквивалентным количеством щёлочи.  $\text{ПР} = 3,8 \cdot 10^{-14}$  и  $3,8 \cdot 10^{-38}$ .

32. Остаточная концентрация магния в воде не должна превышать 0,2 мг-экв/л. Какой объём 1 н. раствора щёлочи потребуется добавить на каждый литр воды, содержащей 24 мг магния для достижения желаемого эффекта? Произведение растворимости гидроксида магния равно  $5,5 \cdot 10^{-12}$ .

33. Растворимость  $\text{MgCO}_3$  равна  $1,41 \cdot 10^{-2}$  моль/л. Вычислить произведение растворимости этой соли.

34. Произведение растворимости  $\text{PbCO}_3$  равно  $3,3 \cdot 10^{-14}$ . Вычислить его растворимость в моль/л и г/л.

35. Растворимость  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  равна  $1,11 \cdot 10^{-4}$  моль/л. Найти произведение растворимости гидроксида магния.



36. По произведению растворимости  $PbCl_2$  рассчитайте, какое количество этой соли содержится в  $1\text{ м}^3$  насыщенного раствора.  $ПР = 2,12 \cdot 10^{-5}$ .

37. Один литр насыщенного раствора содержит  $1,23 \cdot 10^{-3}$  г/л  $Ca_3(PO_4)_2$ . Определите произведение растворимости.

38. Насыщенный раствор гидроксида железа (III) содержит  $2,08 \cdot 10^{-8}$  г растворённого вещества. Найти произведение растворимости этого вещества.

39. На 3 л воды взято 0,1 г фторида кальция. Растворится ли вся соль? Выразите концентрацию насыщенного раствора в весовых процентах.  $ПР = 3,4 \cdot 10^{-11}$ .

40. В каком объёме насыщенного раствора  $CaF_2$  содержится 1 ммоль-экв  $Ca^{2+}$ .  $ПР = 3,4 \cdot 10^{-11}$ .

### рН водно-дисперсных систем

41. Рассчитайте рН чистой воды при  $10^0\text{ С}$  и при  $100^0\text{ С}$ , если константа воды соответственно равна  $0,29 \cdot 10^{-14}$  и  $74 \cdot 10^{-14}$ .

42. Рассчитайте рН 0,1 н. раствора уксусной кислоты, если известно, что её константа диссоциации равна  $1,8 \cdot 10^{-5}$ .

43. Рассчитайте рН 0,028%-ного раствора едкого кали, плотность 1.

44. Рассчитайте рН насыщенного раствора гидроксида кальция.  $ПР = 5,47 \cdot 10^{-6}$ .

45. Вычислите нормальность сильной кислоты и сильного основания, если рН этих растворов соответственно равны 1,5 и 12,0.

46. К 10 мл. дистиллированной воды прибавили 10 мл 0,4 н. раствора едкого кали. Вычислите рН полученного раствора.

47. Каким будет цвет раствора при прибавлении к нему 2-3-х капель метилоранжа, если рН раствора: 10; 6; 4,5; 4,0; 3,1; 2,0; 1,0? Область перехода индикатора 3,1 – 4,4.

48. Рассчитайте рН аммонийного буфера, в котором концентрации гидроксида аммония и хлорида аммония равны. Константа диссоциации гидроксида аммония равна  $1,8 \cdot 10^{-5}$ .

49. Какой цвет примет 0,1 М раствор карбоната натрия при добавлении к нему фенолфталеина? Область перехода индикатора 8,2 – 10;

константа диссоциации угольной кислоты по второй ступени равна  $4,69 \cdot 10^{-11}$ .

50. Для приготовления 1 л. буферного раствора было взято 10,9 мл ледяной уксусной кислоты (17,2 н.) и 6,8 г трёхводного ацетата натрия. Рассчитайте рН полученного раствора. Константа диссоциации уксусной кислоты равна  $1,8 \cdot 10^{-5}$ .

### Кислотность и щёлочность воды

51. Рассчитайте общую и активную кислотности для сантинормальных растворов соляной и уксусной кислот, если  $\alpha(\text{HCl}) = 100\%$ ,  $\alpha(\text{CH}_3\text{COOH}) = 2\%$ .

52. Рассчитайте общую кислотность воды, на титрование 50 мл которой с индикатором фенолфталеином пошло 20 мл 0,05 н. раствора едкого натра.

53. Вода содержит 50 мг/л сульфата кальция, 15 мг/л сульфата магния, 100 мг/л гидрокарбоната кальция, 25 мг/л гидрокарбоната магния. Какова общая щёлочность воды?

54. В растворе содержится 570 мг/л едкого натра, 272 мг/л хлорида натрия и 500 мг/л карбоната натрия. Рассчитайте гидрокарбонатную и общую щёлочность раствора.

55. Сколько грамм десятиводного карбоната натрия надо взять для приготовления 100 л раствора, содержащего 7,14 иг-экв/л карбонатной щёлочности?

56. Какова общая щёлочность воды, содержащей  $\text{CO}_3^{2-}$  - 50 мг/л и  $\text{HCO}_3^-$  - 122 мг/л?

57. К 100 мл 0,1 н. раствора едкого натра добавили 2,1 г гидрокарбоната натрия и раствор разбавили до 1 л. Рассчитайте отдельные виды щёлочности.

58. Сколько грамм едкого натра и карбоната натрия потребуется для приготовления 2,5 л раствора, содержащего 3 мг-экв/л гидратной и 0,4 мг-экв/л карбонатной щёлочности?

59. Активная кислотность раствора равна  $5 \cdot 10^2$  мг-экв/л. Определите его рН.

60. Определить общую щёлочность воды, в состав которой входят (в ммоль-экв/л):  $\text{SO}_4^{2-}$  - 40,  $\text{Cl}^-$  - 35,  $\text{Ca}^{2+}$  - 20,  $\text{HCO}_3^-$  - 122,  $\text{CO}_3^{2-}$  - 120,  $\text{NaOH}$  - 160.

### Окислительно-восстановительные процессы

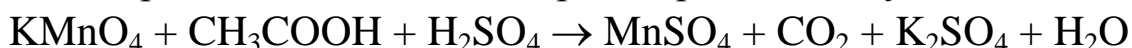
61. С помощью ионно-электронного метода составьте уравнения реакций, протекающих в водных растворах по следующим схемам:



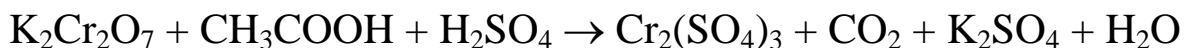
62. С помощью ионно-электронного метода составьте уравнения реакций, протекающих в водных растворах по следующим схемам:



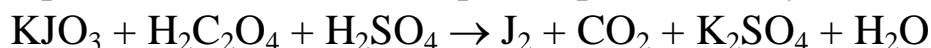
63. С помощью ионно-электронного метода составьте уравнения реакций, протекающих в водных растворах по следующим схемам:



64. С помощью ионно-электронного метода составьте уравнения реакций, протекающих в водных растворах по следующим схемам:



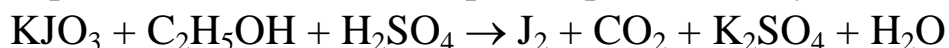
65. С помощью ионно-электронного метода составьте уравнения реакций, протекающих в водных растворах по следующим схемам:



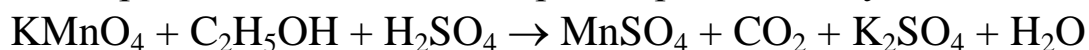
66. С помощью ионно-электронного метода составьте уравнения реакций, протекающих в водных растворах по следующим схемам:



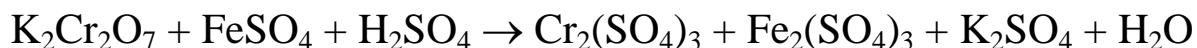
67. С помощью ионно-электронного метода составьте уравнения реакций, протекающих в водных растворах по следующим схемам:



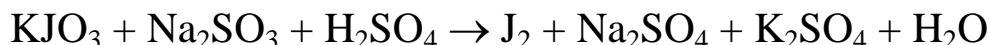
68. С помощью ионно-электронного метода составьте уравнения реакций, протекающих в водных растворах по следующим схемам:



69. С помощью ионно-электронного метода составьте уравнения реакций, протекающих в водных растворах по следующим схемам:



70. С помощью ионно-электронного метода составьте уравнения реакций, протекающих в водных растворах по следующим схемам:



## ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вариант	Номера заданий						
<b>1</b>	1	20	21	40	41	60	61
<b>2</b>	2	19	22	39	42	59	62
<b>3</b>	3	18	23	38	43	58	63
<b>4</b>	4	17	24	37	44	57	64
<b>5</b>	5	16	25	36	45	56	65
<b>6</b>	6	15	26	35	46	55	66
<b>7</b>	7	14	27	34	47	54	67
<b>8</b>	8	13	28	33	48	53	68
<b>9</b>	9	12	29	32	49	52	69
<b>10</b>	10	11	30	31	50	51	70
<b>11</b>	10	16	27	38	49	52	62
<b>12</b>	9	17	28	39	50	51	61
<b>13</b>	8	18	29	40	48	54	67
<b>14</b>	7	19	30	35	47	53	68
<b>15</b>	6	20	21	36	46	56	70
<b>16</b>	5	11	22	37	45	55	69
<b>17</b>	4	12	23	31	44	58	64
<b>18</b>	3	13	24	32	43	57	63
<b>19</b>	2	14	25	33	42	60	66
<b>20</b>	1	15	26	34	41	59	65
<b>21</b>	2	19	23	34	45	56	67
<b>22</b>	1	20	22	35	46	54	68
<b>23</b>	4	17	21	36	47	52	70
<b>24</b>	3	18	24	37	48	53	61
<b>25</b>	6	15	28	40	49	51	62
<b>26</b>	5	16	30	38	41	57	63
<b>27</b>	8	14	25	39	42	54	66
<b>28</b>	7	13	26	31	43	55	64
<b>29</b>	10	11	29	32	44	60	65
<b>30</b>	9	12	27	33	50	58	69

<b>31</b>	5	17	21	32	43	54	65
<b>32</b>	6	18	22	33	44	53	66
<b>33</b>	7	19	23	34	45	52	67
<b>34</b>	8	20	24	35	46	51	68
<b>35</b>	9	19	25	36	47	60	69
<b>36</b>	10	15	26	37	48	55	70
<b>37</b>	4	13	27	38	49	56	61
<b>38</b>	3	12	28	39	50	57	62
<b>39</b>	1	11	29	40	41	58	63
<b>40</b>	2	14	30	31	42	59	64

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### 1. Нормирование примесей в воде по органолептическому и санитарно-токсикологическому показателям

Воду можно использовать для питьевых целей, если удовлетворяется следующее условие:

$$\frac{c_1}{C_1} + \frac{c_2}{C_2} + \dots + \frac{c_n}{C_n} \leq 1,$$

где  $c_1, c_2, \dots$  - концентрация компонентов воды, мг/л;

$C_1, C_2$  - ПДК компонентов, мг/л.

### 2. Результаты проведения анализа

Анализ воды проведён правильно, если удовлетворяется следующее условие:

$$\sum C_n (Kat^{n+}) = \sum C_n (An^{n-}),$$

где  $\sum C_n (Kat^{n+})$  - сумма нормальных концентраций определённых в воде катионов;

$\sum C_n (An^{n-})$  - сумма нормальных концентраций определённых в воде анионов.

### 3. Способы выражения концентрации растворов

1.) Молярная концентрация ( $C$ , моль/л или М)

$$C = \frac{\nu(\text{вещества})}{V(\text{раствора})},$$

где  $\nu$  (вещества) – количество растворённого вещества, моль;

$V$  (раствора) – объём раствора, л.

2.) Молярная эквивалентная или нормальная концентрация

( $C_n$ , моль-экв/л или н.)

$$C_n = \frac{\nu_{\text{Э}}(\text{вещества})}{V(\text{раствора})},$$

где  $\nu_{\text{Э}}$  (вещества) – количество растворённого вещества, моль-экв;

$V$  (раствора) – объём раствора, л.

3.) Титр (Т, г/мл)

$$T = \frac{m(\text{вещества})}{V(\text{раствора})},$$

где  $m$  (вещества) – масса растворённого вещества, г;

$V$  (раствора) – объём раствора, мл.

4.) Процентная концентрация по массе ( $\omega$ , %)

$$\omega = \frac{m(\text{вещества})}{m(\text{раствора})} \cdot 100$$

где  $m$  (вещества) – масса растворённого вещества, г;

$m$  (раствора) – масса раствора, г.

#### 4. Произведение растворимости

$$\text{Kat}_n\text{An}_m = n\text{Kat}^{m+} + m\text{An}^{n-} \quad \text{ПР} = [\text{Kat}^{m+}]^n \cdot [\text{An}^{n-}]^m$$

$$P, \text{ моль / л} = \sqrt[n+m]{\frac{\text{ПР}}{n^n \cdot m^m}},$$

где  $\text{Kat}_n\text{An}_m$  – формула трудно растворимого вещества,

$n, m$  – коэффициенты в уравнении диссоциации трудно растворимого вещества,

ПР – произведение растворимости трудно растворимого вещества,

$P$  – растворимость трудно растворимого вещества, моль/л.

#### 5. рН водно-дисперсных систем

$$K_B = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}.$$

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+] \quad \text{pOH} = -\lg [\text{OH}^-],$$

где  $K_B$  – ионное произведение воды;

рН – водородный показатель;

рОН – гидроксильный показатель.

Расчёт рН растворов, содержащих слабые электролиты (кислоты, основания), а также гидролизующихся солей

а) для растворов кислот (слабых электролитов)

$$\begin{array}{ll}
 [H^+] = C\alpha & pH = -\lg [H^+] \\
 [H^+] = \sqrt{C \cdot K_K} & pH = -\lg (C\alpha) \\
 pH = -\lg (\sqrt{C \cdot K_K}) & pH = \frac{(pK_K + pC)}{2}
 \end{array}$$

где  $[H^+]$  – концентрация катионов  $H^+$  в растворе кислоты, моль/л;  
 $C$  – концентрация кислоты, моль/л;  
 $\alpha$  – степень диссоциации кислоты;  
 $p$  – показатель (отрицательный десятичный логарифм от искомой величины);  
 $pH$  – водородный показатель;  
 $K_K$  – константа диссоциации кислоты.

б) для растворов щелочей (слабых электролитов)

$$\begin{array}{ll}
 [OH^-] = C\alpha & pOH = -\lg [OH^-] \\
 [OH^-] = \sqrt{C \cdot K_O} & pOH = -\lg (C\alpha) \\
 pOH = -\lg (\sqrt{C \cdot K_O}) & pH = 14 - pOH \\
 pOH = \frac{(pK_O + pC)}{2} & pH = 14 - \frac{(pK_O + pC)}{2}
 \end{array}$$

где  $[OH^-]$  – концентрация ионов  $OH^-$  в растворе щёлочи, моль/л;  
 $C$  – концентрация щёлочи, моль/л;  
 $\alpha$  – степень диссоциации щёлочи;  
 $p$  – показатель (отрицательный десятичный логарифм от искомой величины);  
 $pH$  – водородный показатель;  
 $pOH$  – гидроксильный показатель;  
 $K_O$  – константа диссоциации основания.

в) для растворов солей, гидролизующихся

- по катиону

$$[H^+] = \sqrt{K_G \cdot C_{соли}} \qquad pH = -\lg \sqrt{\frac{K_B \cdot C_{соли}}{K_O}}$$



$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_B \cdot C_{соли}}{K_O}} \quad pH = 7 + \frac{(pC_{соли} - pK_O)}{2}$$

где  $[H^+]$  – концентрация катионов  $H^+$ , моль/л;

$C_{соли}$  – концентрация соли, гидролизующейся по катиону, моль/л;

$p$  – показатель (отрицательный десятичный логарифм от искомой величины);

$pH$  – водородный показатель;

$K_B$  – ионное произведение воды;

$K_O$  – константа диссоциации слабого основания, образующего соль, гидролизующуюся по катиону, по последней ступени.

- по аниону

$$[OH^-] = \sqrt{K_G \cdot C_{соли}} \quad pOH = -\lg \sqrt{\frac{K_B \cdot C_{соли}}{K_K}}$$

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{K_B \cdot C_{соли}}{K_K}} \quad pH = 7 - \frac{(pC_{соли} - pK_K)}{2}$$

где  $[H^+]$  – концентрация катионов  $H^+$ , моль/л;

$[OH^-]$  – концентрация ионов  $OH^-$ , моль/л;

$C_{соли}$  – концентрация соли, гидролизующейся по аниону, моль/л;

$p$  – показатель (отрицательный десятичный логарифм от искомой величины);

$pH$  – водородный показатель;

$pOH$  – гидроксильный показатель;

$K_B$  – ионное произведение воды;

$K_K$  – константа диссоциации слабой кислоты, образующей соль, гидролизующуюся по аниону, по последней ступени.

### Определение pH буферных растворов

- Буферный раствор, содержащий слабую кислоту и её соль:

$$pH = pK_D - \lg \frac{C(\text{кислоты})}{C(\text{соли})}$$

где  $pH$  – водородный показатель;

$C$  (кислоты) – концентрация кислоты в буферном растворе;

$C$  (соли) – концентрация соли в буферном растворе.

- Буферный раствор, содержащий слабое основание и её соль:

$$pH = 14 - pK_D + \lg \frac{C(\text{основания})}{C(\text{соли})}$$

где  $pH$  – водородный показатель;

$C$  (основания) – концентрация кислоты в буферном растворе;

$C$  (соли) – концентрация соли в буферном растворе.

### Кислотно-основные индикаторы

Название индикатора	Окраска		pK	Область перехода, pH
	Кислотная форма	Щелочная форма		
Метилоранж	Розовая	жёлтая	3,7	3,1 – 4,4
Лакмус	Красная	синяя	6,5	5,0 – 8,0
Фенолфта-леин	Бесцветный	красный	9,7	8,3 – 9,8

## 6. Кислотность и щёлочность воды

$$K = \frac{C_H \cdot V_1 \cdot 1000}{V_2}$$

где  $K$  – кислотность, ммоль-экв/л;

$C_H$  – концентрация щёлочи, моль-экв/л;

$V_1$  – объём раствора щёлочи, пошедшего на титрование пробы, мл;

$V_2$  – объём анализируемой воды, мл;

1000 – переводной коэффициент.

$$Щ = \frac{C_H \cdot V_1 \cdot 1000}{V_2}$$

где  $Щ$  – щёлочность воды, ммоль-экв/л;

$C_H$  – концентрация кислоты, моль-экв/л;

$V_1$  – объём раствора кислоты, пошедшего на титрование пробы, мл;

$V_2$  – объём анализируемой воды, мл;

1000 – переводной коэффициент.

$$\text{Щ}_o = \text{Щ}_Г + \text{Щ}_{ГК} + \text{Щ}_К + \text{Щ}_{ГУМ.},$$

где  $\text{Щ}_o$  – общая щёлочность, ммоль-экв/л;

$\text{Щ}_Г$  – гидратная щёлочность, ммоль-экв/л;

$\text{Щ}_{ГК}$  – гидрокарбонатная щёлочность, ммоль-экв/л;

$\text{Щ}_К$  – карбонатная щёлочность, ммоль-экв/л;

$\text{Щ}_{ГУМ.}$  – гуматная щёлочность, ммоль-экв/л.