

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич
Должность: ректор
Дата подписания: 25.09.2022 14:10:49
Уникальный программный ключ:
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953ba730df2374d1b370cc5368006

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра общей и неорганической химии

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор –
проректор по учебной работе
_____ Е.А. Кудряшов
«__» _____ 2011 г.

ХИМИЯ ВОДЫ И МИКРОБИОЛОГИЯ

Методические указания к самостоятельной работе студентов спе-
циальности 270112.65 «Водоснабжение и водоотведение»

УДК 540

Составитель Е. А. Фатьянова

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент *В.С. Мальцева*

Химия воды и микробиология: методические указания к самостоятельной работе студентов специальности 270112.65 «Водоснабжение и водоотведение»/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Е.А.Фатьянова. Курск, 2011, 22с.: прилож. Библиогр.: с. 4.

Представлены задачи и упражнения по основным разделам курса «Химия воды и микробиология», предлагаемые для самостоятельного, индивидуального выполнения.

Предназначены для студентов специальности 270112.65.

Текст печатается в авторской рецензии

Подписано в печать 18.05.2011 Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 1,3 . Уч.-изд. л. 1,1. Тираж 100 экз. Заказ. Бесплатно.

Юго–Западный государственный университет.

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

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Список рекомендуемой литературы	4
1. Производство растворимости	5
2. рН водно-дисперсных систем. Гидролиз солей	6
3. Окисляемость воды. ХПК. БПК	7
4. Коагулирование коллоидных примесей воды	9
5. Жесткость воды и способы её устранения	10
6. Дегазация воды	15
7. Определение стабильности и агрессивности воды	17
Варианты заданий индивидуальной работы	19
Приложение	20

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для самостоятельной работы студентов специальности «Водоснабжение и водоотведение», изучающих дисциплину «Химия воды и микробиология».

В методических указаниях представлены задания для индивидуальной работы. Все задания разбиты на 30 вариантов, каждый из которых включает 9 задач. Номера задач к вариантам представлены в таблице в конце указаний.

В приложении представлены справочные сведения, необходимые для решения задач.

Индивидуальные контрольные задания выполняются студентами в течение семестра по мере рассмотрения материала на лекционных и практических занятиях.

Успешное самостоятельное выполнение заданий является хорошей подготовкой к экзамену по дисциплине «Химия воды и микробиология».

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.
4. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. М.: Химия, 1984 г.
5. Романцева Л.М. и др. Сборник задач и упражнений по общей химии. М.: Высш. шк., 1991г.
7. Таубе П.Р., Баранова А.Г. Химия воды и микробиология. М.: Высш. шк., 1993 г.
8. Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии. М.: Интграл-прес, 2002г.

1. Произведение растворимости

1. Растворимость CaCO_3 равна $9,64 \cdot 10^{-4}$ г в 100 г раствора. Вычислить ПР.

2. Растворимость MgCO_3 равна $1,41 \cdot 10^{-2}$ моль/л. Вычислите произведение растворимости этой соли.

3. По произведению растворимости PbCO_3 вычислить его растворимость (моль/л; г/л). (ПР = $3,3 \cdot 10^{-14}$)

4. Необходимо осадить из раствора Pb^{2+} . Какой реагент следует использовать – Na_2CO_3 и Na_3PO_4 , чтобы достигнуть наиболее полного осаждения без избытка осадителя? (ПР (PbCO_3) = $3,3 \cdot 10^{-14}$, (ПР ($\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$) = $7,9 \cdot 10^{-43}$))

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

6. В 1 л насыщенного раствора содержится $1,23 \cdot 10^{-3}$ г $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Определить ПР этой соли.

7. По произведению растворимости PbCl_2 рассчитать, какое количество (г) этой соли содержится в 1 м³ насыщенного раствора. (ПР = $2,12 \cdot 10^{-5}$)

8. Насыщенный раствор $\text{Fe}(\text{OH})_3$ содержит в одном литре $2,08 \cdot 10^{-8}$ г растворенного вещества. Найти произведение растворимости $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

9. Осаждение Mn^{2+} из раствора можно вести содой или щелочью. Будет ли полнота осаждения различной, если брать реагенты в эквивалентном количестве? Ответ мотивируйте расчетом. (Возможность окисления Mn^{2+} не учитывается). ((ПР(MnCO_3) = $8,8 \cdot 10^{-10}$, ПР ($\text{Mn}(\text{OH})_2$) = $4,0 \cdot 10^{-14}$)

10. На 3 л воды взято 0,1 г CaF_2 . Растворится ли вся соль? Выразить концентрацию насыщенного раствора CaF_2 в процентах. (ПР = $3,4 \cdot 10^{-11}$)

11. В каком объеме (л) насыщенного раствора CaF_2 содержится 1 ммоль экв/л Ca^{2+} ? (ПР (CaF_2) = $3,4 \cdot 10^{-11}$)

12. Сточная вода содержит соли железа. Железо удаляют в форме гидроксида. В каком виде следует осаждать железо — в виде $\text{Fe}(\text{OH})_2$ или $\text{Fe}(\text{OH})_3$, чтобы удаление было наиболее полным? Рассчитать остаточную концентрацию железа (моль/л) после осаждения эквивалентным количеством щёлочи. ((ПР($\text{Fe}(\text{OH})_2$) =

$1,64 \cdot 10^{-14}$, ПР ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) = $3,8 \cdot 10^{-38}$)

13. Остаточная концентрация Mg^{2+} в обработанной воде не должна превышать 0,02 ммоль экв/л. Какой объем 1 н. раствора щёлочи (мл) потребуется добавить на каждый литр воды, содержащей 24 мг магния, для достижения желаемого эффекта? (ПР ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) = $5,5 \cdot 10^{-12}$)

14. Осаждение Cd^{2+} из раствора можно вести ортофосфатом натрия или щелочью. Будет ли полнота осаждения различной, если брать реагенты в эквивалентном количестве? Ответ мотивируйте расчетом. (ПР ($\text{Cd}_3(\text{PO}_4)_2$) = $2,53 \cdot 10^{-33}$, ПР ($\text{Cd}(\text{OH})_2$) = $7,2 \cdot 10^{-15}$)

15. Какое количество ионов свинца (моль, г) содержится в 0,4 л насыщенного раствора фторида свинца (II)? (ПР (PbF_2) = $3,2 \cdot 10^{-8}$)

2. рН водно-дисперсных систем. Гидролиз солей

16. Каково значение рН 0,1 н. растворов HCl и $\text{Ca}(\text{OH})_2$? Диссоциацию считать полной.

17. Рассчитайте рН чистой воды при 10°C и 100°C , если ионное произведение воды соответственно равно $0,29 \cdot 10^{-14}$ и $74 \cdot 10^{-14}$.

18. Сколько мл раствора аммиака ($\rho = 0,91$ г/мл) нужно взять для приготовления 0,5 л раствора с рН = 12? ($K_{\text{д}}(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$)

19. При добавлении индикатора тимолфталеина к 0,1 М Na_2CO_3 возникает характерное окрашивание. Будет ли наблюдаться аналогичный эффект в растворе NaHCO_3 такой же концентрации, если переход окраски индикатора от бесцветной к синей лежит в интервале рН 9,4—10,7? ($K_{\text{д I}} \text{H}_2\text{CO}_3 = 4,5 \cdot 10^{-7}$, $K_{\text{д II}} \text{H}_2\text{CO}_3 = 4,8 \cdot 10^{-11}$)

20. Для приготовления 10 л раствора взято 53,5 г NH_4Cl . Рассчитать рН раствора и $K_{\text{Г}}$. ($K_{\text{д}}(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$)

21. Для приготовления 1 л раствора взято 1,52 г FeSO_4 . Рассчитать рН раствора и $K_{\text{Г}}$.

22. Необходимое значение рН раствора обеспечивается растворением 16,8 мг $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ в литре. Каково значение рН раствора?

23. Какой цвет примет 0,1 М раствор соли KF при добавлении фенолфталеина, если для этого индикатора переход окраски от

бесцветной к малиновой лежит в интервале рН от 8,3 до 9,8? Ответ подтвердить расчетом. ($K_{\text{д}}(\text{HF}) = 6,6 \cdot 10^{-4}$)

24. В 100 л воды растворено 3.332 кг соли $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. Рассчитайте рН и степень гидролиза раствора (%).

25. Рассчитайте рН и константу гидролиза 0,1М NH_4F при комнатной температуре. ($K_{\text{д}}(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$, $K_{\text{д}}(\text{HF}) = 6,6 \cdot 10^{-4}$)

26. Рассчитать константу гидролиза и рН 0,01М NaClO . ($K_{\text{д}}(\text{HClO}) = 5,0 \cdot 10^{-8}$)

27. Какой цвет примет 0,1 М раствор соли Na_2SO_3 при добавлении фенолфталеина, если для этого индикатора переход окраски от бесцветной к малиновой лежит в интервале рН от 8,3 до 9,8? Ответ подтвердить расчетом. ($K_{\text{д I}} \text{H}_2\text{SO}_3 = 1,7 \cdot 10^{-2}$, $K_{\text{д II}} \text{H}_2\text{SO}_3 = 6,3 \cdot 10^{-8}$)

28. Какой цвет примет 0,01 М раствор соли Na_2CO_3 при добавлении фенолфталеина, если для этого индикатора переход окраски от бесцветной к малиновой лежит в интервале рН от 8,3 до 9,8? Ответ подтвердить расчетом. ($K_{\text{д I}} \text{H}_2\text{CO}_3 = 4,5 \cdot 10^{-7}$, $K_{\text{д II}} \text{H}_2\text{CO}_3 = 4,8 \cdot 10^{-11}$)

29. Составьте уравнения гидролиза в ионной и молекулярной формах NH_4Cl и Na_3PO_4 . Укажите характер среды и значение рН (>7 или <7).

30. Составьте уравнения гидролиза в ионной и молекулярной формах $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и K_2S_0_3 . Укажите характер среды и значение рН (>7 или <7).

3. Окисляемость воды. ХПК. БПК

31. К 100 мл анализируемой пробы воды добавили 20 мл 0,01 н. раствора перманганата калия и некоторое количество раствора серной кислоты для создания кислой среды. Смесь прокипятили в течение 10 мин., а затем добавили в неё 20 мл 0,01 н. раствора щавелевой кислоты. Произошло обесцвечивание раствора. На титрование горячей смеси израсходовано 5,5 мл 0,01 н. раствора перманганата калия. Рассчитать перманганатную окисляемость воды.

32. Определить ХПК сточной воды, если на титрование 100 мл пробы, обработанной соответствующим образом, израсходовано 13,5 мл 0,1 н. раствора дихромата калия.

33. Определить количество растворённого в воде кислорода,

если на титрование 205 мл пробы после соответствующей обработки пошло 20,5мл 0,01н. раствора тиосульфата натрия.

34. Рассчитать БПК₅ сточной воды, если известно, что концентрация растворённого кислорода в воде в момент взятия пробы составляла 102,7мг/л, а после его расхода микроорганизмами - 2,4мг/л.

35. Определить концентрацию восстановителей в воде, полная окисляемость которой равна 9,3 мг О₂ /л.

36. Перманганатная окисляемость воды равна 5,4 мг О₂ /л. Рассчитать объём 0,01 н. раствора перманганата калия, необходимый для титрования 50мл такой воды в кислой среде.

37. Концентрация примесей в воде, проявляющих восстановительные свойства, составляет 2,15 ммоль-экв/л. Какова полная окисляемость воды?

38. Концентрация растворённого в воде кислорода составляет 6,4 мг/л. Рассчитать объём 0,01н. раствора тиосульфата натрия, необходимый для иодометрического титрования 300 мл такой воды.

39. ХПК сточной воды составляет 152,4 мг О₂ /л. Определить объём 0,05н. раствора дихромата калия, израсходованного на титрование 200 мл такой воды.

40. БПК₅ сточной воды составляет 148,2 мг О₂ /л. Для определения концентрации растворённого кислорода после его расхода микроорганизмами на титрование 300 мл воды пошло 21 мл 0,01 н. раствора тиосульфата натрия. Какова была концентрация в момент взятия пробы?

41. ХПК сточной воды равно 174,2 мг О₂/л. Рассчитайте объём 0,25 н. раствора бихромата калия, пошедшего на окисление примесей в 20 мл воды.

42. ХПК сточной воды равно 108,7 мг О₂/л. Рассчитайте объём 0,25 н. раствора бихромата калия, пошедшего на окисление примесей в 20 мл воды.

43. ХПК сточной воды равно 302 мг О₂/л. Рассчитайте объём 0,2 н. раствора бихромата калия, пошедшего на окисление примесей в 10 мл воды.

44. На окисление примесей, содержащихся в 20 мл воды, пошло 1,75 мл 0,25 н. раствора бихромата калия. Каково ХПК анализируемой воды?

45. На окисление примесей, содержащихся в 10 мл воды, пошло 1,9 мл 0,2 н. раствора бихромата калия. Каково ХПК анализируемой воды?

4. Коагулирование коллоидных примесей воды

46. При пропускании H_2S через раствор AsCl_3 получили коллоидный раствор сульфида мышьяка. Напишите формулу мицеллы, определите знак заряда гранулы.

47. Получили коллоидный раствор кремниевой кислоты при взаимодействии Na_2SiO_3 и H_2SO_4 . В электрическом поле частицы золя перемещаются к аноду. Определите заряд гранулы, составьте формулу мицеллы. Какой из исходных электролитов был взят в избытке?

48. Получили коллоидный раствор PbJ_2 при взаимодействии KJ и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. В электрическом поле частицы золя перемещаются к катоду. Определите заряд гранулы, составьте формулу мицеллы. Какой из исходных электролитов был взят в избытке?

49. Составьте формулу мицеллы золя гидроксида алюминия, полученного при глубоком гидролизе сульфата алюминия.

50. Какой объём 0,006 н. AgNO_3 надо прибавить к 0,03л 0,012н. раствора KJ , чтобы получить отрицательно заряженные частицы золя иодида серебра. Напишите формулу мицеллы.

51. Какой объём 0,003 н. раствора хлорида железа (III) надо прибавить к 0,06л 0,002 н. AgNO_3 , чтобы частицы золя имели отрицательный заряд. Составьте формулу мицеллы золя AgCl .

52. Какой объём 0,001 М раствора MnCl_2 надо прибавить к 0,02л 0,003 М Na_2S , чтобы не произошло образования золя сульфида марганца (II).

53. Пробное коагулирование золя сульфида мышьяка различными электролитами показало, что при прочих равных условиях порог коагуляции (ммоль/л) составляет для KCl – 50, AlCl_3 – 0,09, CaCl_2 – 0,7, MgSO_4 – 0,8. Какой знак заряда несёт гранула коллоидной частицы? Дайте примерную её формулу.

54. Определите дозу $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, если цветность воды составляет 40 град. Сколько грамм коагулянта потребуется для обработки 1 т воды?

55. Определите дозу $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, если мутность воды составляет 15 мг/л. Сколько грамм коагулянта потребуется для обработки 1 т воды?

56. На сколько ммоль-экв снижается щёлочность 1 л коагулируемой воды при обработке её коагулянтами: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, - если доза каждого коагулянта составляет 50 мг/л?

57. Сколько кг хлорной извести CaOCl_2 теоретического состава расходуется в час для окисления железа (II) до $\text{Fe}(\text{OH})_3$, если доза коагулянта $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ равна 0,2 ммоль/л, а производительность водоочистки 200 т/ч. Напишите уравнение соответствующей реакции.

58. Как изменится щёлочность (ммоль-экв/л) воды при введении в неё 44,4 мг/л $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$? 4,1 мг/л $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$?

59. Рассчитайте количество 70% извести CaO для подщелачивания 500 м^3 воды. Исходная щёлочность воды 0,8 мг/л, доза алюминиевого коагулянта 85,5 мг/л (в расчёте на безводную соль).

60. Нужно ли подщелачивать воду при обработке её железным коагулянтом $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, если доза коагулянта 30 мг/л (в расчёте на безводную соль) и щёлочность исходной воды 0,8 ммоль-экв/л?

5. Жесткость воды и способы её устранения

61. Общая щёлочность воды равна 6 ммоль-экв/л. Содержание ионов Ca^{2+} - 150 мг/л, Mg^{2+} - 28 мг/л. Точно ли проведён анализ этой воды?

62. Вода реки Клязьмы содержит (в мг/л): Ca^{2+} - 9, Mg^{2+} - 8,5, Na^+ - 24, HCO_3^- - 134,4, SO_4^{2-} - 50,4, Cl^- - 440. Определить карбонатную и общую жёсткость воды.

63. Вода реки Оки содержит (в мг/л): Ca^{2+} - 91,8, Mg^{2+} - 16,8, Na^+ - 7,8, HCO_3^- - 244, SO_4^{2-} - 81, Cl^- - 22, SiO_3^{2-} - 17,3. Определить общую, карбонатную и некарбонатную жёсткость воды.

64. Вода реки Невы содержит (в мг/л): Ca^{2+} - 8, Mg^{2+} - 1,2, Na^+ + K^+ - 3,8, HCO_3^- - 27,5, SO_4^{2-} - 4,5, Cl^- - 38. Определить солесодержание в мг/л и общую жёсткость воды.

65. Чему равна жёсткость раствора, в 10 л которого содержит-

ся 200 мг сульфата кальция и 100 мг сульфата магния?

66. Жёсткость раствора хлорида магния 20 ммоль-экв/л. Сколько мл этого раствора необходимо взять для приготовления 10 л раствора с жёсткостью $3,5 \cdot 10^{-4}$ ммоль-экв/л?

67. Какова постоянная и карбонатная жёсткость воды, если в ней содержится Ca^{2+} - 0,112 г/л, Mg^{2+} - 0,0632 г/л, SO_4^{2-} - 0,236 г/л, Cl^- - 0,1653 г/л и ионы HCO_3^- ?

68. Какова постоянная жёсткость воды, если в ней содержится Ca^{2+} - 0,1405 г/л, Mg^{2+} - 0,1155 г/л, SO_4^{2-} - 0,294 г/л, Cl^- - 0,1278 г/л и ионы HCO_3^- ?

69. В 5 литрах воды содержится 1386 мг $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, 610 мг CaCl_2 , 480 мг NaCl . Определите общую и карбонатную жёсткость, солесодержание.

70. Чему равна жёсткость 1%-ного раствора сульфата магния ($\rho = 1$ г/мл)?

71. В литре раствора содержится 13,6 мг CaSO_4 . Чему равна жёсткость этого раствора?

72. Чему равна жёсткость раствора, содержащего в 10 л 200 мг сульфата кальция и 100 мг сульфата магния?

73. Сколько граммов MgCl_2 содержится в 5 л раствора, имеющего жёсткость 7,14 ммоль-экв/л? Какова нормальность этого раствора?

74. Чему равна жёсткость 0,1 н. раствора CaCl_2 ?

75. Сколько мл. 0,1 н. комплексона III и 0,1 н. соляной кислоты идёт на определение общей и карбонатной жёсткости, если объём пробы равен 100 мл, общая жёсткость – 3 ммоль-экв/л, карбонатная жёсткость – 2,5 ммоль-экв/л.

76. Осаждение катионов кальция производится эквивалентным количеством ортофосфата натрия. Остаточная жёсткость составила 0,04 ммоль-экв/л. Во сколько раз остаточная жёсткость больше равновесной, вычисленной по произведению растворимости ортофосфата кальция?

$\text{PR} = 1,0 \cdot 10^{-25}$.

77. Дана вода с постоянной жёсткостью 7,14 ммоль-экв/л. Умягчение производится содой. Содержание карбоната в соде равно 90%. Количество умягчаемой воды составляет 2000 м³/сутки. Определите суточный расход соды на умягчение, если избыток со-

ды составляет 1,07 мэкв/л и вся жёсткость кальциевая.

78. Умягчение производится методом известкования. Состав исходной воды: карбонатная жёсткость - 3 мэкв/л, Mg^{2+} - 12,16 мг/л, растворённый углекислый газ - 10 мг/л. Избыток извести составляет 0,2 мэкв/л. Содержание СаО в технической извести 60%. Определите суточный расход извести при производительности водоочистки 100 т/ч.

79. Вода содержит только постоянную кальциевую жёсткость, равную 5,2 мэкв/л. Умягчение производится содой в количестве 0,35 г/л, считая на технический продукт. Содержание карбоната натрия в кальцинированной соде составляет 95%. Определите избыток карбоната натрия сверх теоретически необходимого.

80. Вода умягчается содо-известкованием. Избыток извести составляет 7 мг/л СаО, избыток соды - 61 мг/л. Общая жёсткость воды равна 6 ммоль-экв/л, карбонатная 2 ммоль-экв/л, содержание Ca^{2+} - 100 мг/л, содержание растворённого CO_2 - 5 мг/л. Определите расход извести и соды на умягчение 100 т указанной воды, если содержание СаО в извести составляет 85% и карбоната натрия в кальцинированной соде - 94%.

81. Общая жёсткость воды равна 4,5 ммоль-экв/л. Определите расход трилона Б на умягчение 100 л этой воды и количество карбоната натрия, которое необходимо добавить, чтобы к концу умягчения вода имела карбонатную щёлочность, равную 0,5 ммоль-экв/л.

82. На умягчения 1 т воды израсходовано 0,6 кг комплексона III. Избыток комплексона III при умягчении составлял 0,03 ммоль-экв/л. Определите общую жёсткость воды до умягчения.

83. Определить дозу извести (мг/л) для обработки воды со следующими данными: карбонатная жёсткость 4,5 ммоль-экв/л, CO_2 (св.) 12 мг/л. Избыток извести должен быть не более 0,2 ммоль-экв/л. Содержание активного продукта в исходной извести 70%.

84. Вычислить количество 60% извести, необходимое для умягчения $500 м^3$ воды с исходной карбонатной жёсткостью 3,8 ммоль-экв/л, CO_2 (св.) - 15,4 мг/л.

85. Какое количество 70% извести и соды $Na_2CO_3 \cdot 10 H_2O$ необходимо для умягчения $1 м^3$ воды. Общая жёсткость - 3,8 ммоль-экв/л, жёсткость карбонатная - 2,4 ммоль-экв/л, CO_2 (св.) - 3,8

ммоль-экв/л.

86. Вода содержит только кальциевую жёсткость. Умягчение производится содой при избытке её против эквивалентного в 1 ммоль-экв/л. Остаточная жёсткость составляет 0,2 ммоль-экв/л. Во сколько раз остаточная жёсткость больше равновесной, рассчитанной по произведению растворимости карбоната кальция.

87. Исходная вода содержит $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 243,2 мг/л. Карбонатная жёсткость воды составляет 4 ммоль-экв/л, постоянная жёсткость отсутствует. Содержание растворённого CO_2 15 мг/л. Рассчитайте расход извести (г) на умягчение 1 м³ этой воды при избытке извести в 0,3 ммоль-экв/л и содержание CaO в техническом продукте, равном 70%.

88. При термическом умягчении 10 л воды, содержащий только кальциевую жёсткость, образовался осадок массой 2 г. Определите остаточную некарбонатную жёсткость, если исходная общая составляла 6,5 ммоль-экв/л.

89. Определить дозу извести (мг/л) для обработки воды со следующими данными: карбонатная жёсткость 5,2 ммоль-экв/л, $\text{CO}_2(\text{св.})$ 14 мг/л. Избыток извести должен быть не более 0,1 ммоль-экв/л. Содержание активного продукта в исходной извести 77%.

90. Дана вода с постоянной жёсткостью 3,7 ммоль-экв/л. Умягчение производится содой. Содержание карбоната в соде равно 92%. Количество умягчаемой воды составляет 1500 м³/сутки. Определите суточный расход соды на умягчение, если избыток соды составляет 1,2 ммоль-экв/л и вся жёсткость кальциевая.

91. Какова продолжительность работы натрий-катионитового фильтра между двумя регенерациями, если обменная ёмкость его составляет 500 моль-экв/м³, жёсткость фильтруемой воды 3,7 мэкв/л, скорость фильтрации 12 м/ч. Диаметр фильтра 2 м, высота слоя катионита 2 м.

92. Общая жёсткость воды 6,5 мэкв/л, постоянная жёсткость 3,5 мэкв/л. Определите количество образующего углекислого газа образующегося в результате Н-катионитрования. Напишите схему реакции ионного обмена

93. Состав умягчаемой воды: общее солесодержание 409 мг/л, общая жёсткость 4,6 мэкв/л, содержание ионов кальция и натрия соответственно 72 и 34 мг/л. Карбонатная жёсткость отсутствует.

Вода умягчается методом Н-катионирования. Каковы будут общее содержание умягчённой воды?

94. Вода, имеющая состав: общее солесодержание 409 мг/л, общая жёсткость 4,6 мэкв/л, содержание ионов кальция и натрия соответственно 72 и 34 мг/л. Карбонатная жёсткость отсутствует, подвергается натрий-катионированию. Каково будет её солесодержание после умягчения?

95. Ёмкость поглощения катионита составляет 400 моль-экв/м³. Какой воды может быть умягчён за один цикл этим катионитом, если жёсткость фильтруемой воды составляет 2,4 мэкв/л, объём катионита равен 6,28 м³?

96. Определите, сколько литров воды жёсткостью 5,5 мэкв/л может умягчить катионный фильтр объёмом 3000 см³ с обменной ёмкостью 400 моль-экв/м³.

97. Катионный фильтр объёмом 75 м³ умягчил 5 м³ воды с первоначальной жёсткостью 6 мэкв/л. Какова обменная ёмкость катионита?

98. Определить, сколько Ca²⁺ (в граммах) поглощает 1 л катионита, обменная ёмкость которого равна 400 моль-экв/м³.

99. Определить, сколько Mg²⁺ (в граммах) поглощает 1 л катионита, обменная ёмкость которого равна 280 моль-экв/м³.

100. Обменная ёмкость сульфоугля равна 650 моль-экв/л. Сколько м³ воды может умягчить 1 м³ сульфоугля, если общая жёсткость воды равна 6 мэкв/л?

101. Определить расход соли на одну регенерацию катионита, если высота слоя катионита 2,2 м, обменная ёмкость 280 моль-экв/м³, удельный расход соли 200г/моль-экв, диаметр фильтра 2,5 м.

102. На Н-катионитовых фильтрах умягчается вода следующего состава: карбонатная жёсткость - 2,5 мэкв/л, [Cl⁻] = 7,1 мг/л, [SO₄²⁻] = 1,7 мэкв/л. Определить число мг/л образующихся CO₂, HCl, H₂SO₄.

103. На регенерацию катионного фильтра диаметром 2,5 м и высотой слоя катионита 2 м было израсходовано 617 кг NaCl. Сколько кг из этого количества будет использовано и сколько будет удалено из фильтра водой, если обменная ёмкость катионита составляет 350 моль-экв/м³.

104. Катионный фильтр имеет объём 3 м³, обменная ёмкость

400 моль-экв/м³. Определить количество воды (в литрах), которое может умягчить этот фильтр, если общая жёсткость равна 6 мэкв/л.

105. Вода с карбонатной жёсткостью 3,6 мэкв/л подвергается натрий-катионированию. Определить концентрацию гидрокарбоната натрия (в мг/л) в умягчённой воде.

6. Дегазация воды

106. Какое количество сульфата натрия необходимо для дехлорирования 500 м³ воды при концентрации хлора 3,5 мг/л (содержание остаточного хлора не должно превышать 0,5 мг/л).

107. Сколько литров 2М раствора Na₂SO₃ необходимо израсходовать для восстановления кислорода в 50 м³ питьевой воды, содержащий 3,2 мг O₂/л.

108. Сколько потребуется ClO₂ для обеззараживания 100 м³ воды с хлорёмкостью 5 мг Cl₂/л (содержание остаточного хлора 0,5 мг/л).

109. Сколько граммов SO₂ необходимо для дехлорирования 1000 м³ с содержанием хлора 5 мг/л (заданная величина остаточного хлора 0,5 мг/л).

110. Сколько граммов 5% раствора Na₂SO₃ необходимо для дехлорирования 500 м³ воды с содержанием растворённого хлора 8,5 мг/л (при заданной величине остаточного хлора 0,5 мг/л).

111. Для связывания растворённого в воде кислорода было применено сульфитирование воды. Напишите уравнение взаимодействия сульфита натрия с кислородом и рассчитайте расход (в г) Na₂SO₃ · 7H₂O на 1 т воды, если содержание растворённого кислорода 0,2 мг/л. Количество избыточного сульфита натрия, считая на безводную соль, принять равным 2 мг/л.

112. Вода после термических деаэраторов обрабатывалась гидратом гидразина N₂H₄ · H₂O. Написать уравнение взаимодействия кислорода с гидразином, учитывая, что продуктом окисления гидразина является азот. Рассчитать расход гидрата гидразина в мг на 1 т воды, если содержание растворённого кислорода после деаэратора 0,03 мг/л, а избыток гидразина составил 0,02 мг/л.

113. Связывание остаточного после термической деаэрации кислорода производится сульфатом гидразина N₂H₄ · H₂SO₄. Рас-

считать количество сульфата гидразина, требующееся для обработки 100 т воды, если содержание растворённого кислорода составляло 0,01 мг/л, а избыток гидразина - 0,03 мг/л.

114. Вода с содержанием растворённого кислорода 4 мг/л поступает в сталестружечный фильтр. Производительность фильтра 50 т/ч. Количество стружки в фильтре 7 т. Расчёт расхода стружки производится с учётом образования Fe_3O_4 . Определить степень износа стружки в % за месяц работы фильтра.

115. В сталестружечных фильтрах стружку заменяют при 50%-ном её износе. Сколько месяцев до замены стружки может работать фильтр производительностью 3 т воды в час при общей массе стружки 200 кг, если поступающая на фильтр вода содержит кислорода 2 мг/л. Расчёт следует производить с учётом образования Fe_3O_4 .

116. Концентрация кислорода в воде 14 мг/л. Для частичного восстановления кислорода в воду ввели 63 мг/л сульфита натрия Na_2SO_3 . Определите, сколько кислорода осталось 20 м³ воды после её обработки восстановителем.

117. Концентрация кислорода в воде 15 мг/л. Для частичного восстановления кислорода в воду ввели 9 мг/л гидразина N_2H_4 . Определите, сколько кислорода осталось 30 м³ воды после её обработки восстановителем.

118. Концентрация кислорода в воде 14 мг/л. Для частичного восстановления кислорода в воду ввели 63 мг/л сульфита натрия Na_2SO_3 . Сколько гидразина нужно ввести в 1 л воды, чтобы удалить оставшийся кислород?

119. Концентрация кислорода в воде 12 мг/л. Для частичного восстановления кислорода в воду ввели 9 мг/л гидразина N_2H_4 . Сколько сульфита натрия Na_2SO_3 нужно ввести в 1 л воды, чтобы удалить оставшийся кислород?

120. Сколько литров 3М раствора Na_2SO_3 необходимо израсходовать для восстановления кислорода в 100 м³ питьевой воды, содержащий 3,2 мг O_2 /л. Концентрация остаточного кислорода 0,02 мг O_2 /л.

7. Определение стабильности и агрессивности воды

121. Установите соотношение между концентрациями HCO_3^- и угольной кислоты при $\text{pH} = 4$.

122. Какая форма углекислоты преобладает при значениях pH , равных: 3,7- 4; 8,3 - 8,4; больше 8,4; больше 11; больше 12,4.

123. Динамическое равновесие между различными формами углекислоты в водных растворах выражается уравнением: $2\text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{CO}_3^{2-}$. Что произойдёт, если количество CO_2 : а) превысит равновесную концентрацию; б) будет меньше равновесной концентрации; в) содержание свободной угольной кислоты равно равновесной концентрации?

124. Содержание гидрокарбонатов в исходной воде составляет 250 мг/л. После контакта пробы с мрамором щёлочность воды стала 4 мэкв/л. Сделать вывод о стабильности воды.

125. Анализом воды найдено, что щёлочность её равна 5,7 ммоль-экв/л. Равновесное содержание гидрокарбонатов равно 260 мг/л. Определить показатель стабильности воды.

126. Является ли стабильной вода, имеющая щёлочность 2 ммоль-экв/л, содержание свободной углекислоты 5 мг/л. Общее солесодержание 130 мг/л, концентрация ионов Ca^{2+} равна 70 мг/л.

127. Какова реакция среды и какие формы углекислоты имеются в наибольшем количестве в воде при pH , равной 4,5?

128. Является ли стабильной вода, у которой $\text{pH}_0 = 9,5$, а найденный по номограмме величина $\text{pH}_s = 8$?

129. Является ли стабильной вода, у которой $\text{pH}_0 = 6,8$, а $\text{pH}_s = 8$?

130. Анализом воды найдено (мг/л): HCO_3^- -244, $\text{CO}_2(\text{св.})$ -28. Пользуясь наблюдаемыми данными, определить, будут ли данные пробы проявлять активность по отношению к бетону.

131. Анализом воды найдено (мг/л): HCO_3^- -178, $\text{CO}_2(\text{св.})$ -18. Пользуясь наблюдаемыми данными, определить, будут ли данные пробы проявлять активность по отношению к бетону.

132. Анализом воды найдено (мг/л): HCO_3^- -126, $\text{CO}_2(\text{св.})$ -20. Пользуясь наблюдаемыми данными, определить, будут ли данные пробы проявлять активность по отношению к бетону.

133. Анализом воды найдено (мг/л): HCO_3^- -256,2, $\text{CO}_2(\text{св.})$ -2. Пользуясь наблюдаемыми данными, определить, будут ли данные

пробы проявлять активность по отношению к бетону.

134. Является ли стабильной вода, у которой $pH_o = 7,2$, а найденный по номограмме величина $pH_s = 8,1$?

135. В исследуемой воде содержится 250,17 мг/л гидрокарбоната кальция. После контакта пробы с мрамором щёлочность воды была 4,1 ммоль-экв/л. Стабильна ли вода?

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ РАБОТЫ

<i>Вариант</i>	<i>Номера заданий</i>								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	16	31	46	61	76	91	106	121
2	2	17	32	47	62	77	92	107	122
3	3	18	33	48	63	78	93	108	123
4	4	19	34	49	64	79	94	109	124
5	5	20	35	50	65	80	95	110	125
6	6	21	36	51	66	81	96	111	126
7	7	22	37	52	67	82	97	112	127
8	8	23	38	53	68	83	98	113	128
9	9	24	39	54	69	84	99	114	129
10	10	25	40	55	70	85	100	115	130
11	11	26	41	56	71	86	101	116	131
12	12	27	42	57	72	87	102	117	132
13	13	28	43	58	73	88	103	118	133
14	14	29	44	59	74	89	104	119	134
15	15	30	45	60	75	90	105	120	135
16	15	16	32	48	64	80	96	112	128
17	14	17	33	49	65	81	97	113	129
18	13	18	34	50	66	82	98	114	130
19	12	19	35	51	67	83	99	115	131
20	11	20	36	52	68	84	100	116	132
21	10	21	37	53	69	85	101	117	133
22	9	22	38	54	70	86	102	118	134
23	8	23	39	55	71	87	103	119	135
24	7	24	40	56	72	88	104	120	121
25	6	25	41	57	73	89	105	111	122
26	5	26	42	58	74	90	91	110	123
27	4	27	43	59	75	76	92	109	124
28	3	28	44	60	63	77	93	108	125
29	2	29	45	46	62	78	94	106	126
30	1	30	31	47	61	79	95	107	127

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1. Произведение растворимости (ПР) некоторых трудно растворимых веществ

Вещество	ПР	Вещество	ПР
$\text{Cd}_3(\text{PO}_4)_2$	$2,53 \cdot 10^{-33}$	MnCO_3	$8,8 \cdot 10^{-10}$
$\text{Cd}(\text{OH})_2$	$7,2 \cdot 10^{-15}$	$\text{Mn}(\text{OH})_2$	$4,0 \cdot 10^{-14}$
PbCO_3	$3,3 \cdot 10^{-14}$	CaCO_3	$3,4 \cdot 10^{-9}$
$\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$	$7,9 \cdot 10^{-43}$	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$2,07 \cdot 10^{-33}$
PbCl_2	$2,12 \cdot 10^{-5}$	CaF_2	$3,4 \cdot 10^{-11}$
PbF_2	$3,2 \cdot 10^{-8}$	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$1,64 \cdot 10^{-14}$
MgCO_3	$6,82 \cdot 10^{-6}$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$3,8 \cdot 10^{-38}$
$\text{Mg}(\text{OH})_2$	$5,5 \cdot 10^{-12}$		

Таблица 2. Константы диссоциации некоторых кислот и оснований

Вещество	K_1	K_2	K_3
H_2CO_3	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$4,8 \cdot 10^{-11}$	
H_2SO_3	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$6,3 \cdot 10^{-8}$	
HClO	$5,0 \cdot 10^{-8}$		
HF	$6,6 \cdot 10^{-4}$		
H_3PO_4	$6,92 \cdot 10^{-3}$	$6,17 \cdot 10^{-8}$	$4,8 \cdot 10^{-13}$
NH_4OH	$1,8 \cdot 10^{-5}$		
$\text{Al}(\text{OH})_3$	$8,3 \cdot 10^{-9}$	$2,1 \cdot 10^{-9}$	$1,0 \cdot 10^{-9}$
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$5,5 \cdot 10^{-8}$	
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$4,8 \cdot 10^{-11}$	$1,8 \cdot 10^{-11}$	$1,5 \cdot 10^{-12}$

Таблица 3. Данные для вычисления агрессивной CO₂ по Леманну и Реуссу.

S	g	S	g	S	g	S	g
1	1	56	52,4	111	91,6	166	121,0
2	2	57	53,2	112	92,2	167	121,5
3	3	58	54,0	113	92,8	168	122,0
4	4	59	54,8	114	93,4	169	122,5
5	5	60	55,7	115	94,0	170	123,0
6	6	61	56,5	116	94,6	171	123,4
7	7	62	57,2	117	95,1	172	123,9
8	8	63	58,1	118	95,8	173	124,3
9	9	64	58,8	119	96,3	174	124,7
10	10	65	59,6	120	97,0	175	125,2
11	11	66	60,4	121	97,6	176	125,7
12	12	67	61,2	122	98,1	177	126,2
13	13	68	62,0	123	98,6	178	126,6
14	13,9	69	62,8	124	99,2	179	127,0
15	14,9	70	63,5	125	99,8	180	127,5
16	15,9	71	64,3	126	100,4	181	127,9
17	16,9	72	65,0	127	100,9	182	128,4
18	17,8	73	65,8	128	101,5	183	128,8
19	18,8	74	66,5	129	102,1	184	129,2
20	19,8	75	67,3	130	102,6	185	129,7
21	20,8	76	68,0	131	103,2	186	130,2
22	21,7	77	68,8	132	103,7	187	130,6
23	22,7	78	69,5	133	104,3	188	131,0
24	23,7	79	70,3	134	104,8	189	131,4
25	24,6	80	71,0	135	105,4	190	131,9
26	25,6	81	71,7	136	105,9	191	132,3
27	26,5	82	72,4	137	106,5	192	132,7
28	27,5	83	73,1	138	106,9	193	133,2
29	28,4	84	73,8	139	107,5	194	133,6
30	29,4	85	74,5	140	108,1	195	134,0
31	30,3	86	75,2	141	108,6	196	134,4
32	31,2	87	75,9	142	109,1	197	134,8
33	32,2	88	76,6	143	109,6	198	135,2
34	33,1	89	77,3	144	110,2	199	135,6
35	34,0	90	78,0	145	110,7	200	136,0
36	34,9	91	78,7	146	111,2	210	141,6
37	35,9	92	79,3	147	111,7	220	145,7

S	g	S	g	S	g	S	g
38	36,8	93	80,0	148	112,2	230	149,8
39	37,7	94	80,8	149	112,7	240	153,8
40	38,6	95	80,4	150	113,2	250	157,5
41	39,5	96	82,1	151	113,7	260	161,2
42	40,8	97	82,7	152	114,2	270	164,9
43	41,2	98	83,3	153	114,7	280	168,5
44	42,1	99	84,0	154	115,3	290	171,9
45	43,0	100	84,6	155	115,8	300	175,3
46	43,9	101	85,3	156	116,3	310	178,8
47	44,7	102	85,9	157	116,8	320	182,1
48	45,6	103	86,5	158	117,3	330	185,0
49	46,5	104	87,2	159	117,7	340	188,3
50	47,3	105	87,6	160	118,1	350	191,3
51	48,2	106	88,4	161	118,6	360	194,2
52	49,0	107	89,1	162	119,1	370	197,3
53	49,9	108	89,7	163	119,6	380	199,9
54	50,7	109	90,4	164	120,1	390	202,8
55	51,5	110	90,9	165	120,6	400	205,7

