

Министерство образования и науки Челябинской области
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Южно-уральский государственный технический колледж»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по выполнению лабораторных работ

**ПМ.03 Выполнение работ по очистке природных и сточных вод
и контролю качественных показателей**

МДК 03.01. Очистка и контроль качества природных и сточных вод

Тема 1.2 Аналитическая химия

Тема 1.3 Физико-химические методы очистки природных и сточных вод

для специальности

08.02.04 Водоснабжение и водоотведение

(Учебный план 2020)

Челябинск, 2020

АКТ СОГЛАСОВАНИЯ

на методические указания по выполнению лабораторных работ по ПМ.03 Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей, Тема 1.2 Аналитическая химия, Тема 1.3 Физико-химические методы очистки природных и сточных вод, разработанные преподавателем ПЦК Водоснабжение и водоотведение Гушиной Ю.А., для студентов специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение (базовая подготовка) ГБПОУ «Южно-Уральский государственный технический колледж»

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ предназначены для обучающихся специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение.

Данные методические разработаны в соответствии с программой профессионального модуля, являющегося частью программы подготовки специалистов среднего звена в соответствии с ФГОС по специальности СПО 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение базовой подготовки в части освоения основного вида профессиональной деятельности (ВДП): Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей.

Настоящие методические рекомендации по выполнению лабораторных работ представляют собой лабораторные задания и служат для закрепления у студентов знаний по аналитической химии и физико-химическим методам очистки природных и сточных вод.

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по теме «Аналитическая химия» и «Физико-химические методы очистки природных и сточных вод» МДК 03.01 «Очистка и контроль качества природных и сточных вод» соответствуют установленным требованиям и могут быть рекомендованы для использования в учебном процессе.

Генеральный директор ООО «Архитектурная Мастерская
Маркштетера»  А.А. Маркштетер



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по ПМ. 03 Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей, предназначены для обучающихся по специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение.

Лабораторные занятия являются важным элементом МДК. В процессе выполнения лабораторных работ обучающиеся систематизируют и закрепляют полученные теоретические знания, развивают интеллектуальные и профессиональные умения, формируют элементы компетенций будущих специалистов.

Методические рекомендации предназначены для организации выполнения лабораторных работ по МДК 03.01. Очистка и контроль качества природных и сточных вод.

Программой предусмотрено выполнение 13 лабораторных работ, направленных **на формирование элементов следующих компетенций:**

- ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.
- ОК 2. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.
- ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие
- ОК 4. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами
- ОК 5. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста
- ОК 7. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях
- ОК 9. Использовать информационные технологии в профессиональной

деятельности

- ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке
- ПК 3.1. Разрабатывать технологический процесс очистки природных и сточных вод
- ПК 3.2. Выполнять химические анализы по контролю качества природных и сточных вод
- ПК 3.3. Выполнять микробиологические анализы по контролю качества природных и сточных вод

уметь:

- выполнять химические и микробиологические анализы по контролю технологических процессов и качества очистки природных и сточных вод;
- выполнять контроль за соблюдением экологических стандартов и нормативов по охране окружающей среды;

знать:

- гигиенические требования к качеству питьевой воды и санитарные нормы очищенным сточным водам и водам водоёмов различного назначения;
- методы и параметры контроля природных и сточных вод.

Перечень лабораторных работ

ПМ.03 Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей

МДК 03.01 Очистка и контроль качества природных и сточных вод специальность 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение

№ практической работы	Наименование	Формат	Кол-во часов
Аналитическая химия			
Лабораторная работа №1	Анализ катионов I аналитической группы	A4	2
Лабораторная работа №2	Анализ катионов II аналитической группы	A4	2
Лабораторная работа №3	Анализ катионов III аналитической группы	A4	2
Лабораторная работа №4	Анализ катионов VI аналитической группы	A4	2
Лабораторная работа №5	Анализ катионов V аналитической группы	A4	2
Лабораторная работа №6	Анализ анионов I аналитической группы	A4	2
Лабораторная работа №7	Анализ анионов II аналитической группы	A4	2
Лабораторная работа №8	Анализ анионов III аналитической группы	A4	2
Лабораторная работа №9	Анализ неизвестного вещества	A4	2
			18
Физико-химические методы очистки природных и сточных вод			
Лабораторная работа №10	Исследование устройства, принципа работы камер хлопьеобразования	A4	2
Лабораторная работа №11	Фильтрация воды через зернистый материал	A4	2
Лабораторная работа №12	Обеззараживание воды сильными окислителями	A4	2
Лабораторная работа №13	Рассмотрение действия осветлителя	A4	4
			10

Критерии оценивания лабораторных работ

5 баллов

- 1) правильно определил цель опыта;
- 2) выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений;
- 3) самостоятельно и рационально выбрал и подготовил для опыта необходимое оборудование, все опыты провел в условиях и режимах, обеспечивающих получение результатов и выводов с наибольшей точностью;
- 4) научно грамотно, логично описал наблюдения и сформулировал выводы из опыта. В представленном отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и сделал выводы;
- 7) эксперимент осуществляет по плану с учетом техники безопасности и правил работы с материалами и оборудованием.

4 балла

- 1) опыт проводил в условиях, не обеспечивающих достаточной точности измерений;
- 2) или было допущено два-три недочета;
- 3) или не более одной негрубой ошибки и одного недочета,
- 4) или эксперимент проведен не полностью;
- 5) или в описании наблюдений из опыта допустил неточности, выводы сделал неполные.

3 балла

- 1) правильно определил цель опыта; работу выполняет правильно не менее чем наполовину, однако объём выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы по основным, принципиально важным задачам работы;
- 2) или подбор оборудования, объектов, материалов, а также работы по началу опыта провел с помощью учителя; или в ходе проведения опыта и изме-

рений были допущены ошибки в описании наблюдений, формулировании выводов;

3) опыт проводился в нерациональных условиях, что привело к получению результатов с большей погрешностью; или в отчёте были допущены в общей сложности не более двух ошибок (в записях единиц, измерениях, в вычислениях, графиках, таблицах, схемах, анализе погрешностей и т.д.) не принципиального для данной работы характера, но повлиявших на результат выполнения; или не выполнен совсем или выполнен неверно анализ погрешностей;

4) допускает грубую ошибку в ходе эксперимента (в объяснении, в оформлении работы, в соблюдении правил техники безопасности при работе с материалами и оборудованием), которая исправляется по требованию преподавателя.

2 балла

1) не определил самостоятельно цель опыта; выполнил работу не полностью, не подготовил нужное оборудование и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов;

2) или опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно;

3) или в ходе работы и в отчете обнаружились в совокупности все недостатки, отмеченные в требованиях к оценке "3";

4) допускает две (и более) грубые ошибки в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, в соблюдении правил техники безопасности при работе с веществами и оборудованием, которые не может исправить даже по требованию преподавателя.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

АНАЛИЗ КАТИОНОВ I АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ

Цель работы: Проведение аналитических реакций катионов I аналитической группы.

уметь:

– выполнять химические и микробиологические анализы по контролю технологических процессов и качества очистки природных и сточных вод;

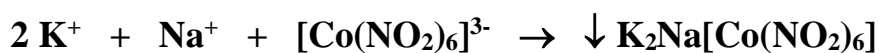
знать:

– методы и параметры контроля природных и сточных вод.

1. Аналитические реакции катиона калия, K^+

1.1. Реакция с гексанитрокобальтатом (III) натрия, $Na_3[Co(NO_2)_6]$.

Гексанитрокобальтат (III) натрия с катионами K^+ при pH 4–5 образует желтый осадок комплексной соли $K_2Na[Co(NO_2)_6]$ - гексанитрокобальтат (III) калия-натрия



Выполнение реакции: поместите в пробирку 2-3 капли раствора соли калия и осторожно прибавьте 1-2 капли свежеприготовленного раствора $Na_3[Co(NO_2)_6]$ или несколько кристалликов сухой соли. Выполнению реакции мешают ионы NH_4^+ , но осадок $(NH_4)_2Na[Co(NO_2)_6]$ легко разлагается при нагревании. Поэтому реакцию следует проводить при нагревании. Остальные катионы I и II аналитических групп проведению этой реакции не мешают. Если pH раствора >7 , то следует добавить по каплям 2М раствор CH_3COOH , если pH раствора <3 , то следует добавить по каплям 2М раствор CH_3COONa для достижения необходимого значения pH. Среда с $pH >7$ – недопустима.

Запишите наблюдения и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

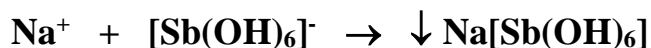
1.2. Окрашивание пламени. Летучие соли калия окрашивают пламя газовой горелки в фиолетовый цвет.

Выполнение реакции: чистую нихромовую проволоку опустите в насыщенный раствор соли калия или в сухую соль калия и затем внесите её в пламя горелки. Окраску пламени лучше наблюдать через синее стекло. Запишите наблюдения в тетрадь.

Для очистки нихромовой проволоки опустите ее в концентрированный раствор HCl, затем внесите в пламя газовой горелки. Повторите эту операцию несколько раз. Отсутствие окрашивания пламени свидетельствует о чистоте нихромовой проволоки.

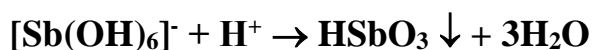
2. Аналитические реакции катиона натрия, Na⁺

2.1. Реакция с гексагидроксостибатом (V) калия, K[Sb(OH)₆]. Гексагидроксостибат (V) калия с ионами Na⁺ в нейтральной или слабощелочной среде (pH = 7 - 8) при охлаждении образует белый кристаллический осадок Na[Sb(OH)₆] - гексагидроксостибат (V) натрия:



Осадок Na[Sb(OH)₆] растворим в горячей воде и частично в щелочах.

Выполнению реакции мешают ионы аммония. Соли аммония, подобно кислотам, выделяют аморфный осадок:



Кроме того, выполнению реакции мешают ионы Li⁺ и Mg²⁺.

Выполнение реакции: возьмите в пробирку 5 - 6 капель раствора любой соли натрия и при помощи универсального индикатора определите pH среды. Если среда кислая (pH < 7), нейтрализуйте ее, прибавляя по каплям KOH. Если среда щелочная (pH > 7), прибавьте по каплям раствор уксусной кислоты (CH₃COOH) до нейтральной реакции (pH ≈ 7). К этому раствору прилейте 2-3 капли раствора K[Sb(OH)₆]. Пробирку охладите под струей холодной водопроводной воды. Потирание стенок пробирки стеклянной палочкой ускоряет процесс выпадения белого кристаллического осадка соли Na[Sb(OH)₆].

Запишите наблюдения и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

2.2. Окрашивание пламени. Летучие соли натрия окрашивают пламя газовой горелки в желтый цвет.

Выполнение реакции: чистую нихромовую проволоку опустите в насыщенный раствор соли натрия или в сухую соль натрия и затем внесите её в пламя горелки. Запишите наблюдения в тетрадь.

3. Аналитические реакции катиона аммония, NH_4^+

3.1. Реакция со щелочами. Щелочи NaOH или KOH взаимодействуют с солями аммония с выделением газообразного аммиака:

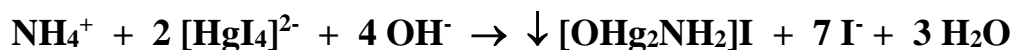


Выделяющийся аммиак можно обнаружить по запаху или с помощью фенолфталеиновой бумажки, смоченной дистиллированной водой. Образующиеся ионы OH^- изменяют окраску фенолфталеина с бесцветной на малиновую. Реакция специфична, позволяет обнаружить ион аммония в присутствии всех других ионов.

Выполнение реакции: опыт лучше проводить в “газовой камере” - фарфоровой чашке, накрытой часовым стеклом. На внутреннюю поверхность часового стекла поместите смоченный дистиллированной водой кусочек фенолфталеиновой бумаги. В фарфоровую чашку возьмите 2-3 капли раствора щелочи и добавьте 1-2 капли раствора любой соли аммония. Закройте фарфоровую чашку часовым стеклом (слегка подогрейте ее на водяной бане).

Запишите наблюдения и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

3.2. Реакция с реактивом Несслера. Реактив Несслера (смесь $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ и KOH) образует с катионами NH_4^+ осадок красно-коричневого цвета $[\text{OHg}_2\text{NH}_2]\text{I}$:



Выполнение реакции: на предметное стекло или в пробирку поместите 1-2 капли раствора соли аммония и прибавьте к нему 2-3 капли реактива Несслера.

Выполнению реакции мешают катионы металлов (например, Fe^{3+} , Cr^{3+} и др.), образующие в щелочной среде окрашенные осадки соответствующих гидроксидов.

Запишите наблюдения и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

АНАЛИЗ КАТИОНОВ II АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ

Цель работы: Проведение аналитических реакций катионов II аналитической группы.

уметь:

— выполнять химические и микробиологические анализы по контролю технологических процессов и качества очистки природных и сточных вод;

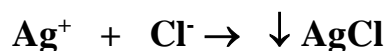
знать:

— методы и параметры контроля природных и сточных вод.

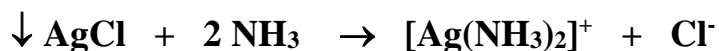
Групповым реагентом на катионы второй аналитической группы является 2 М раствор соляной кислоты, который с катионами Ag^+ , Hg_2^{2+} и Pb^{2+} образует белые осадки AgCl , Hg_2Cl_2 и PbCl_2 .

1. Аналитические реакции катиона серебра, Ag^+

1.1. Реакция с хлоридами. Соляная кислота и растворимые в воде хлориды с катионом серебра образуют белый творожистый осадок AgCl :



Осадок AgCl растворяется в избытке раствора аммиака с образованием бесцветного комплексного соединения $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$:



Полученное комплексное соединение устойчиво только в присутствии избытка аммиака и может быть разрушено сильными кислотами (HNO_3 , H_2SO_4) с образованием осадка AgCl :



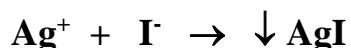
Выполнение реакции: поместите в центрифужную пробирку (короткая коническая пробирка) 2-3 капли раствора соли серебра и прибавьте к нему 2-3 капли 2 М раствора HCl .

Отделите осадок от раствора центрифугированием.

К осажденному хлориду серебра по каплям добавьте раствор аммиака до полного растворения осадка. К полученному раствору добавьте 1-2 капли фенолфталеина, а затем действием (по каплям) 2 М раствора HNO_3 нейтрализуйте избыток основания и разрушите комплекс. Помутнение раствора указывает на образование осадка AgCl .

Запишите наблюдения и уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

1.2. Реакция с иодидом калия, KI . Иодид калия образует с катионом Ag^+ светло-желтый осадок иодида серебра, практически нерастворимого в воде и концентрированном растворе аммиака:



Выполнение реакции: поместите в пробирку 2-3 капли раствора соли серебра и прибавьте к нему 2-3 капли раствора иодида калия.

Запишите наблюдения и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

2. Аналитические реакции катиона ртути (I), Hg_2^{2+}

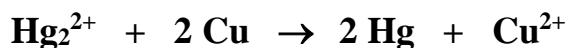
2.1. Реакция с хлоридами. Соляная кислота и растворимые в воде хлориды с катионом ртути (I) образуют белый осадок хлорида ртути (I) - Hg_2Cl_2 (каломель), при взаимодействии которого с раствором аммиака образуется белый осадок соединения $[\text{HgNH}_2]\text{Cl}$ и выделяется металлическая ртуть черного цвета.



Выполнение реакции: поместите в пробирку 2-3 капли раствора соли ртути (I) и добавьте к нему 3-4 капли 2М раствора HCl. К образовавшемуся осадку добавьте 5-10 капель концентрированного раствора аммиака.

Запишите наблюдения и уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

2.2. Восстановление ртути (I) металлической медью. Металлическая медь восстанавливает Hg_2^{2+} до металла с образованием амальгамы:



Выполнение реакции: на медную монету или медную пластинку поместите 2-3 капли раствора соли ртути (I). Через 2-3 минуты смойте раствор водой и потрите поверхность кусочком фильтровальной бумаги.

Запишите наблюдения и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

3. Аналитические реакции катиона свинца, Pb^{2+}

3.1. Реакция с хлоридами. Соляная кислота и растворимые в воде хлориды образуют с катионами свинца Pb^{2+} белый осадок хлорида свинца, растворимый в горячей дистиллированной воде:



Выполнение реакции: поместите в центрифужную пробирку 2-3 капли раствора соли свинца. Прибавьте к нему 2-3 капли 2 М раствора HCl.

Осадок отделите от раствора центрифугированием.

К полученному осадку прилейте 2-3 мл дистиллированной воды, смесь перемешайте стеклянной палочкой и нагрейте пробирку на водяной бане.

Запишите наблюдения и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

3.2. Реакция с иодидом калия, KI. Иодид калия образует с ионами свинца Pb^{2+} осадок золотисто-желтого цвета, растворимый в горячей дистиллированной воде:

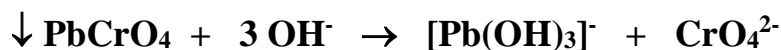
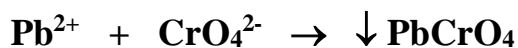


При охлаждении раствора PbI_2 снова выпадает в осадок в виде золотисто-желтых кристаллов. Эту реакцию часто называют “реакцией золотого дождя”.

Выполнение реакции: возьмите в пробирку 2-3 капли раствора соли свинца и прибавьте к нему 2-3 капли раствора иодида калия. К полученному осадку прилейте 3-5 мл дистиллированной воды и нагрейте пробирку на водяной бане до полного растворения осадка. Охладите пробирку под струей холодной воды. При медленном охлаждении раствора образуются крупные золотисто-желтые кристаллы PbI_2 .

Запишите наблюдения и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

3.3. Реакция с хроматом калия, K_2CrO_4 . Хромат калия с катионами свинца Pb^{2+} образует осадок хромата свинца PbCrO_4 желтого цвета, растворимый в сильных кислотах и щелочах, но нерастворимый в уксусной кислоте:



Выполнение реакции: в пробирку возьмите 2-3 капли раствора соли свинца, добавьте к нему 2-3 капли раствора хромата калия. Полученный осадок разделите на две части. В первую пробирку с осадком добавьте 4-5 капель 2 М раствора NaOH или KOH. Во вторую пробирку с осадком добавьте 4-5 капель 2 М раствора уксусной кислоты, CH_3COOH .

Запишите наблюдения и уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

АНАЛИЗ КАТИОНОВ III АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ

Цель работы: Проведение аналитических реакций катионов III аналитической группы.

уметь:

– выполнять химические и микробиологические анализы по контролю технологических процессов и качества очистки природных и сточных вод;

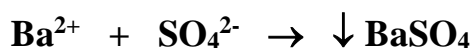
знать:

– методы и параметры контроля природных и сточных вод.

Групповым реагентом на катионы третьей аналитической группы является 1 М раствор серной кислоты, которая с катионами Ba^{2+} и Ca^{2+} образует осадки малорастворимых сульфатов $BaSO_4$ и $CaSO_4$ белого цвета.

1. Аналитические реакции катиона бария, Ba^{2+}

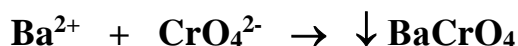
1.1. Реакция с серной кислотой. Серная кислота и растворимые сульфаты с ионами бария Ba^{2+} образуют белый кристаллический осадок, нерастворимый в минеральных кислотах:



Выполнение реакции: поместите в пробирку 1-2 капли раствора соли бария и добавьте к нему 2-3 капли 1 М раствора H_2SO_4 .

Запишите наблюдения и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

1.2. Реакция с хроматом калия, K_2CrO_4 или дихроматом калия, $K_2Cr_2O_7$. Хромат калия с ионами бария Ba^{2+} при pH = 4-5 образует желтый осадок хромата бария $BaCrO_4$:



Хромат бария растворим в сильных кислотах (кроме H_2SO_4 , см. п. 1.1), но нерастворим в уксусной кислоте. При проведении реакции в уксуснокислой

среде определению иона бария не мешают ионы Ca^{2+} , так как осадок CaCrO_4 не образуется.

Выполнение реакции: смешайте в пробирке по 5 капель растворов хлорида бария и хромата калия. Полученный осадок разделите на две пробирки. В первую пробирку с осадком добавьте 2-3 мл 2 М раствора HCl , а в другую - 2-3 мл 2 М раствора CH_3COOH .

Запишите наблюдения и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

1.3. Окрашивание пламени. Летучие соли бария окрашивают пламя газовой горелки в желто-зеленый цвет.

Выполнение реакции: чистую нихромовую проволоку опустите в насыщенный раствор соли бария или в сухую соль и затем внесите её в пламя газовой горелки. Запишите наблюдения в тетрадь.

2. Аналитические реакции катиона кальция, Ca^{2+}

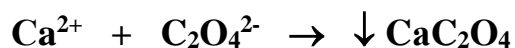
2.1. Реакция с серной кислотой. Серная кислота и растворимые сульфаты в концентрированных растворах образуют с катионом кальция Ca^{2+} кристаллы гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ белого цвета, имеющие игольчатую форму:



Выполнение реакции: поместите на предметное стекло 1 каплю раствора соли кальция, прибавьте к нему 1 каплю 1 М раствора H_2SO_4 и 1 каплю $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ для уменьшения растворимости. Осторожно нагрейте предметное стекло на водяной бане до появления белых кристаллов гипса. Рассмотрите их под микроскопом.

Запишите наблюдения и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

2.2. Реакция с оксалатом аммония, $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$. Оксалат аммония с ионами кальция Ca^{2+} образует белый кристаллический осадок CaC_2O_4 , нерастворимый в уксусной кислоте, но растворимый в сильных кислотах:



Выполнение реакции: поместите в пробирку 1-2 капли раствора соли кальция, 3-4 капли раствора $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ и 1-2 капли 2 М раствора аммиака. Полученный осадок разделите на две части. В первую пробирку с осадком добавьте 2-3 мл 2 М раствора HCl , а в другую - 2-3 мл 2 М раствора CH_3COOH .

Запишите наблюдения и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

2.3. Окрашивание пламени. Летучие соли кальция окрашивают пламя газовой горелки в оранжево-красный цвет.

Выполнение реакции: чистую нихромовую проволоку опустите в насыщенный раствор хлорида кальция или в сухую соль и затем внесите её в пламя газовой горелки. Запишите наблюдения в тетрадь.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

АНАЛИЗ КАТИОНОВ IV АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ

Цель работы: Проведение аналитических реакций катионов IV аналитической группы.

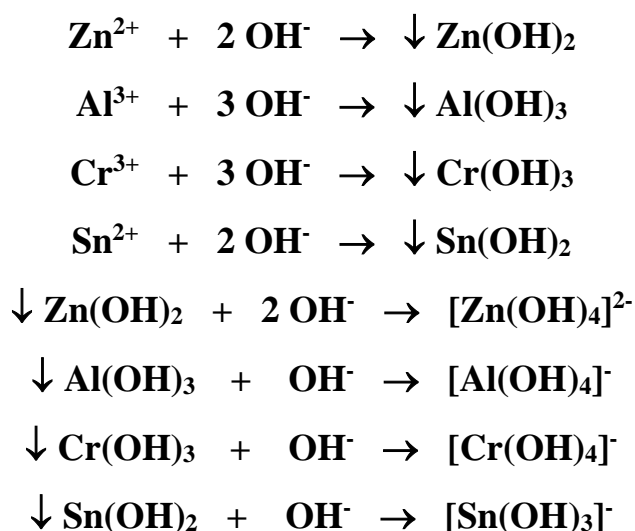
уметь:

— выполнять химические и микробиологические анализы по контролю технологических процессов и качества очистки природных и сточных вод;

знать:

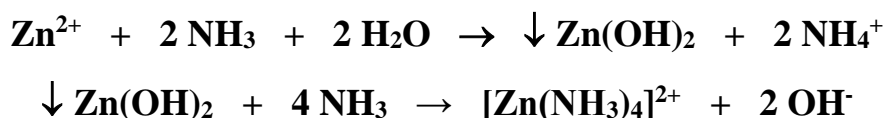
— методы и параметры контроля природных и сточных вод.

Групповым реагентом на катионы IV аналитической группы является 2 М раствор гидроксида натрия NaOH. При действии NaOH на раствор, содержащий ионы IV аналитической группы, сначала образуются аморфные осадки соответствующих гидроксидов: серо-зеленый Cr(OH)₃, белые Zn(OH)₂, Al(OH)₃ и Sn(OH)₂. Так как гидроксиды хрома (III), цинка, алюминия и олова(II) проявляют амфотерные свойства, то они растворяются в избытке щелочи с образованием соответствующих гидроксосоединений:



1. Аналитические реакции катиона цинка, Zn²⁺

1.1. Реакция с раствором аммиака. Ионы Zn²⁺ с раствором аммиака образуют белый осадок гидроксида цинка, который растворяется в избытке аммиака с образованием аммиаката цинка:



Выполнение реакции: поместите в пробирку 4-5 капель раствора соли цинка. Прилейте к нему по каплям 2 М раствора аммиака до образования белого осадка. К полученному осадку прилейте избыток раствора NH₃ до растворения осадка.

Запишите наблюдения и уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

1.2. Реакция с дитизоном. Ионы Zn^{2+} с дитизоном

$C_6H_5-NH-N=C(SH)-N=N-C_6H_5$ (дифенилтиокарбазоном) образуют внутрикомплексную соль красного цвета, растворимую в хлороформе ($CHCl_3$).

Выполнение реакции: поместите в пробирку 2-3 капли раствора соли цинка, добавьте 2-3 капли ацетатного буфера и затем 2-3 капли 10% раствора дитизона в хлороформе. Энергично встряхните пробирку. Образующаяся в результате реакции внутрикомплексная соль экстрагируется в слой хлороформа, и он окрашивается в красный цвет.

Запишите наблюдения в тетрадь.

2. Аналитические реакции катиона алюминия, Al^{3+}

2.1. Реакция с раствором аммиака. Ионы Al^{3+} образуют с раствором аммиака белый аморфный осадок гидроксида алюминия $Al(OH)_3$, нерастворимый в избытке аммиака:



Выполнение реакции: поместите в пробирку 4-5 капель раствора соли алюминия и прибавьте к нему 5-6 капель 2 М раствора NH_3 . Проверьте растворимость гидроксида алюминия в избытке раствора аммиака.

Запишите наблюдение и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

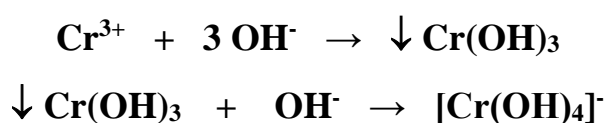
2.2. Реакция с ализарином. Ализарин - $C_{14}H_6O_2(OH)_2$, образует с $Al(OH)_3$ внутрикомплексную соль красного цвета (алюминиевый лак).

Выполнение реакции: возьмите кусочек фильтровальной бумаги и нанесите на него пипеткой 1 каплю раствора соли алюминия. Подержите бумагу в течение 1-2 мин. над открытой склянкой с концентрированным (25%) раствором NH_3 . На бумаге образуется $Al(OH)_3$. В центр влажного пятна нанесите каплю ализарина и еще 1-2 мин. подержите фильтровальную бумагу над склянкой с концентрированным раствором NH_3 .

Подсушите фильтровальную бумагу над пламенем газовой горелки. При этом исчезает фиолетовая окраска ализарина, а красное пятно алюминиевого лака остается. Запишите наблюдения в тетрадь.

3. Аналитические реакции катиона хрома (III), Cr^{3+}

3.1 Реакция со щелочами. Гидроксиды натрия и калия осаждают ионы Cr^{3+} в виде гидроксида $\text{Cr}(\text{OH})_3$ серо-зеленого цвета, который растворяется в избытке щелочи с образованием зеленого раствора тетра- или гексагидроксохромата(III).



3.2 Реакция с пероксидом водорода в щелочной среде. Ионы Cr^{3+} в избытке щелочи окисляются пероксидом водорода H_2O_2 до хромат-ионов CrO_4^{2-} - желтого цвета:



Выполнение реакции: поместите в пробирку 2-3 капли раствора соли хрома (III) и прибавьте 6-7 капель 2 М раствора NaOH до образования зеленого раствора гидроксокомплекса хрома (III). К полученному раствору прибавьте 3-4 капли 10% раствора H_2O_2 и нагрейте смесь на водяной бане в течение 2-3 минут. Окрашивание раствора в желтый цвет свидетельствует об образовании иона CrO_4^{2-} .

Запишите наблюдения и уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

4. Аналитические реакции катиона олова, Sn^{2+}

4.1 Реакция с солями висмута (III) в щелочной среде. Ионы Sn^{2+} в щелочной среде окисляются солями висмута (III) до Sn^{4+} с образованием черного осадка металлического висмута:



Выполнение реакции: к 2-3 каплям раствора соли Sn^{2+} добавьте избыток раствора NaOH (4 М) – до растворения образовавшегося белого осадка $\text{Sn}(\text{OH})_2$. К полученному раствору прибавьте по каплям раствор соли Bi^{3+} до появления черного осадка.

Запишите наблюдения и уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

АНАЛИЗ КАТИОНОВ V АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ

Цель работы: Проведение аналитических реакций катионов V аналитической группы.

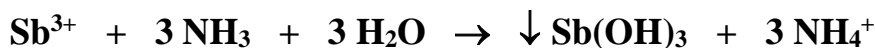
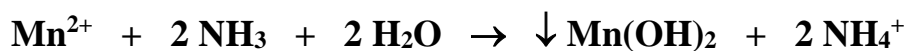
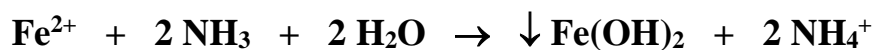
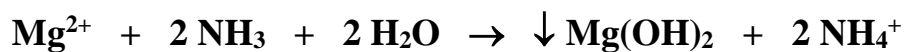
уметь:

– выполнять химические и микробиологические анализы по контролю технологических процессов и качества очистки природных и сточных вод;

знать:

– методы и параметры контроля природных и сточных вод.

Групповым реагентом на катионы V аналитической группы является 25% раствор NH_3 . При действии раствора аммиака на раствор, содержащий катионы V аналитической группы, образуются аморфные осадки соответствующих гидроксидов: белые $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Sb}(\text{OH})_3$, красно-бурый $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и желто-розовый $\text{Mn}(\text{OH})_2$, которые нерастворимы в избытке NH_3 .



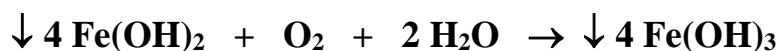
Выполнение реакции: поместите в пробирку 2-3 капли раствора соответствующей соли и 2-3 капли 25% раствора аммиака.

Запишите наблюдения и уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

Гидроксиды $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ и $\text{Mn}(\text{OH})_2$ растворяются в насыщенном растворе NH_4Cl :



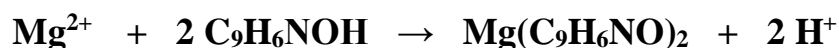
Основания $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{Mn}(\text{OH})_2$ не растворяются в растворах щелочей и аммиака, но легко растворяются в сильных кислотах. Гидроксид железа (II) в щелочной среде быстро окисляется кислородом воздуха до гидроксида железа (III):



Гидроксид сурьмы $\text{Sb}(\text{OH})_3$ растворяется в растворах щелочей и концентрированной соляной кислоте с образованием соответствующих комплексных ионов $[\text{Sb}(\text{OH})_4]^-$ и $[\text{SbCl}_4]^-$.

1. Аналитические реакции катиона магния, Mg^{2+}

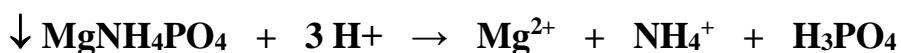
1.1 Реакция с 8-оксихинолином, $(\text{C}_9\text{H}_6\text{NOH})$. Ионы Mg^{2+} в аммиачной среде ($\text{pH} = 9-10$) с 8-оксихинолином образуют зеленовато-желтый осадок оксихинолята магния $\text{Mg}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_2$:



Выполнение реакции: поместите в пробирку 2-3 капли раствора соли магния, 3-4 капли аммиачного буферного раствора и 3-4 капли раствора 8-оксихинолина. Перемешайте смесь палочкой.

Запишите наблюдения и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

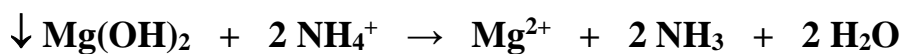
1.2 Реакция с гидрофосфатом натрия, Na_2HPO_4 . Катионы магния Mg^{2+} в присутствии аммиака и хлорида аммония образуют белый кристаллический осадок фосфата магния и аммония MgNH_4PO_4 , который легко растворяется в уксусной и сильных кислотах:



Выполнение реакции: поместите в пробирку 2-3 капли раствора соли магния, добавьте 2-3 капли раствора HCl (2 M) и 2-3 капли раствора Na_2HPO_4 . Затем добавьте в пробирку 1 каплю раствора фенолфталеина и по каплям раствор аммиака (2 M), перемешивая содержимое пробирки стеклянной палочкой, до появления розовой окраски фенолфталеина ($\text{pH} \approx 9$). В присутствии иона Mg^{2+} выпадает белый кристаллический осадок.

Запишите наблюдения и уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

1.3. Реакция с растворами щелочей. Ионы Mg^{2+} с раствором NaOH или KOH образуют белый аморфный осадок $\text{Mg}(\text{OH})_2$, нерастворимый в избытке щелочи, но растворимый в концентрированном растворе NH_4Cl :

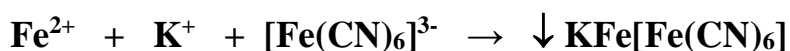


Выполнение реакции: поместите в пробирку 4-5 капель раствора соли магния и прибавьте к нему 4-5 капель раствора NaOH (2 M), а затем 5-7 капель раствора NH_4Cl .

Запишите наблюдения и уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

2. Аналитические реакции катиона железа (II), Fe^{2+}

2.1. Реакция с гексацианоферратом (III) калия, $K_3[Fe(CN)_6]$. Ионы Fe^{2+} в кислой среде с гексацианоферратом (III) калия образуют синий осадок – калия-железа (II) гексацианоферрат (III) (турнбулева синь):



Выполнение реакции: поместите в пробирку 2-3 капли раствора соли железа (II), добавьте 1-2 капли 2 М раствора HCl и 1-2 капли раствора $K_3[Fe(CN)_6]$.

Запишите наблюдение и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

3. Аналитические реакции катиона железа (III), Fe^{3+}

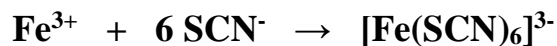
3.1. Реакция с гексацианоферратом (II) калия, $K_4[Fe(CN)_6]$. Ионы Fe^{3+} в кислой среде с гексацианоферратом (II) калия образуют темно-синий осадок калия-железа (III) гексацианоферрат (II) (берлинская лазурь):



Выполнение реакции: поместите в пробирку 2-3 капли раствора соли железа (III), добавьте 1-2 капли 2 М раствора HCl и 1-2 капли раствора $K_4[Fe(CN)_6]$.

Запишите наблюдение и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

3.2. Реакция с роданидом аммония, NH_4SCN , или роданидом калия, $KSCN$. Ионы Fe^{3+} в кислой среде ($pH = 2$) с роданидом аммония или калия образуют комплексное соединение, которое окрашивает раствор в кроваво-красный цвет:



Выполнение реакции: поместите в пробирку 2-3 капли соли железа (III). Универсальным индикатором проверьте pH. При необходимости прибавьте 1-2 капли 2 М раствора HCl. Прибавьте 2-3 капли насыщенного раствора роданида аммония (или калия) или сухую соль. Обратите внимание на окраску раствора.

Запишите наблюдение и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

4. Аналитические реакции катиона марганца (II), Mn^{2+}

4.1. Реакция с висмутатом натрия, NaBiO_3 . Ионы Mn^{2+} в азотнокислой среде окисляются висмутатом натрия до ионов MnO_4^- , окрашивающих раствор в малиновый цвет:

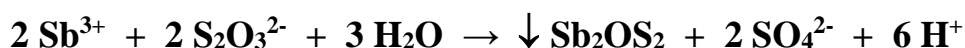


Выполнение реакции: внесите в пробирку на кончике шпателя немножко порошка висмутата натрия. Прибавьте 2 мл 2 М раствора азотной кислоты и 1-2 капли раствора соли марганца (II). Малиновый цвет раствора указывает на образование иона MnO_4^- .

Запишите наблюдение и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

5. Аналитические реакции катиона сурьмы (III), Sb^{3+}

5.1. Реакция с тиосульфатом натрия, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Катионы Sb^{3+} при нагревании с тиосульфатом натрия образуют осадок красного цвета (сероксид сурьмы (III) Sb_2OS_2):



Выполнение реакции: поместите в пробирку 2-3 капли раствора хлорида сурьмы, добавьте несколько капель серной кислоты (1 М), бросьте кристаллик $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и нагрейте на водяной бане. Образуется красный осадок Sb_2OS_2 .

Запишите наблюдение и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ АНИОНОВ

Общепринятой классификации анионов не существует. Чаще всего используется классификация анионов по растворимости солей бария и серебра.

Первая аналитическая группа анионов объединяет ионы SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SiO_3^{2-} , которые образуют малорастворимые соли бария. Групповым реагентом является раствор хлорида бария BaCl_2 .

Вторая аналитическая группа анионов включает ионы Cl^- , Br^- , I^- , S^{2-} , которые образуют малорастворимые соли серебра. Групповым реагентом является раствор нитрата серебра AgNO_3 .

Третья аналитическая группа анионов объединяет ионы NO_3^- , CH_3COO^- , MoO_4^{2-} , WO_4^{2-} , VO_3 большинство солей которых хорошо растворимы в воде. Группового реагента нет.

Анализ анионов имеет свои особенности. Анионы обычно открывают дробным методом в отдельных порциях исследуемого раствора. При выполнении характерных реакций на анионы следует обратить особое внимание на свойства и растворимость получаемых осадков солей бария и серебра (т.к. внешний вид осадков многих анионов практически одинаков).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

АНАЛИЗ АНИОНОВ I АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ (SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SiO_3^{2-})

Цель работы: Проведение аналитических реакций анионов I аналитической группы.

уметь:

— выполнять химические и микробиологические анализы по контролю технологических процессов и качества очистки природных и сточных вод;

знать:

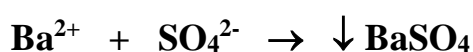
— методы и параметры контроля природных и сточных вод.

Групповым реагентом на анионы I группы является раствор хлорида бария BaCl_2 . В результате образуются соли, малорастворимые в воде, но легко

растворимые в минеральных кислотах (за исключением BaSO_4 и BaSiO_3). Соли серебра анионов I группы растворяются в разбавленной азотной кислоте HNO_3 .

1. Аналитическая реакция сульфат-иона, SO_4^{2-}

1.1. Реакция с хлоридом бария. Анион SO_4^{2-} с катионом Ba^{2+} образует белый кристаллический осадок сульфата бария BaSO_4 , нерастворимый в минеральных кислотах:

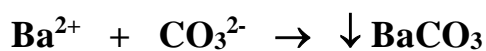


Выполнение реакции: поместите в пробирку 4-5 капель раствора любого сульфата (Na_2SO_4 , K_2SO_4 или $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) и добавьте к нему 2-3 капли раствора хлорида бария BaCl_2 . Полученный осадок разделите в две пробирки. В первую пробирку добавьте 4-5 капель раствора CH_3COOH (2 M), а в другую - 4-5 капель HCl (2M).

Запишите наблюдение и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

2. Аналитические реакции карбонат-иона, CO_3^{2-}

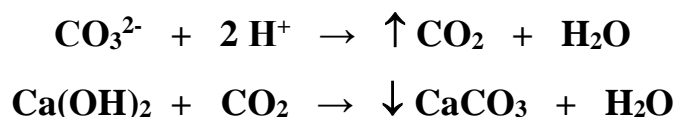
2.1. Реакция с хлоридом бария. Карбонат-ион CO_3^{2-} с катионом Ba^{2+} образует осадок карбоната бария BaCO_3 белого цвета. Как все карбонаты, BaCO_3 легко растворяется в соляной, азотной и уксусной кислотах с выделением оксида углерода (IV) CO_2 :



Выполнение реакции: поместите в пробирку 4-5 капель раствора любого карбоната (Na_2CO_3 , K_2CO_3 или $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$) и добавьте к нему 3-4 капли раствора хлорида бария BaCl_2 . Разделите осадок в две пробирки. В первую пробирку добавьте 1-2 мл CH_3COOH (2 M), а в другую - 1-2 мл HCl (2 M).

Запишите наблюдения и уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

2.2. Реакция с минеральными кислотами. HCl, HNO₃ и H₂SO₄ выделяют из карбонатов свободную угольную кислоту H₂CO₃, которая распадается на CO₂ и H₂O. Образующийся CO₂ можно обнаружить с помощью реакции с Ca(OH)₂ (известковая вода), при этом выпадает осадок CaCO₃:

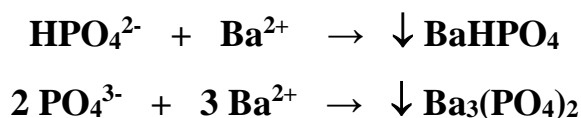


Выполнение реакции. Реакцию лучше проводить в сосуде Ландольта. В одно из колен сосуда поместите 5-6 капель насыщенного раствора Ca(OH)₂. В другое колено - 4-5 капель раствора любого карбоната и добавьте туда же 5-6 капель HCl (2 M). Закройте сосуд пробкой и наблюдайте образование осадка в колене с раствором гидроксида кальция.

Запишите наблюдения и уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

3. Аналитические реакции фосфат-иона, PO₄³⁻

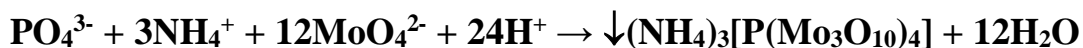
3.1. Реакция с хлоридом бария. Хлорид бария образует с растворимыми солями фосфорной кислоты белые осадки гидрофосфата бария BaHPO₄ (pH = 7-9) или фосфата бария Ba₃(PO₄)₂ (pH > 9), которые растворяются в минеральных кислотах:



Выполнение реакции: поместите в пробирку 3-4 капли раствора гидрофосфата натрия Na₂HPO₄ и добавьте 2-3 капли раствора хлорида бария BaCl₂. Проверьте растворимость полученного осадка в минеральных кислотах (кроме H₂SO₄), например, в HCl и в CH₃COOH.

Запишите наблюдения и уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

3.2. Реакция с молибденовой жидкостью, раствор молибдата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ в азотной кислоте. Молибдат аммония в присутствии азотной кислоты и нитрата аммония NH_4NO_3 при нагревании образует с фосфат-ионом PO_4^{3-} желтый кристаллический осадок фосформолибдата аммония $(\text{NH}_4)_3[\text{P}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4]$:



Выполнение реакции: поместите в пробирку 5-6 капель раствора молибдата аммония и нагрейте ее на водяной бане. Добавьте к теплomu раствору молибдата аммония 2-3 капли раствора HNO_3 (2 M) и несколько кристаллов NH_4NO_3 (для уменьшения растворимости осадка). К полученной смеси прибавьте 2-3 капли раствора H_3PO_4 или любой ее соли.

Так как осадок растворяется в избытке H_3PO_4 или Na_2HPO_4 , то следует брать избыток молибденовой жидкости. При малой концентрации фосфат-ионов осадок может не образоваться, но раствор при этом окрасится в желтый цвет.

Запишите наблюдение и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

Если в растворе присутствуют восстановители (S^{2-} , Sn^{2+} , Fe^{2+} и др.), которые восстанавливают ион MoO_4^{2-} до молибденовой сини (смесь соединений молибдена разных степеней окисления), то раствор окрасится в синий цвет. Для удаления восстановителей предварительно необходимо прокипятить 2-3 капли исследуемого раствора с 1-2 каплями концентрированной азотной кислоты, а затем провести реакцию открытия фосфат-иона.

4. Аналитические реакции силикат-иона, SiO_3^{2-}

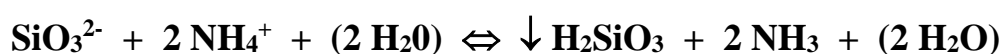
4.1. Реакция с разбавленными кислотами. Ионы SiO_3^{2-} с разбавленными растворами кислот образуют кремниевую кислоту в виде геля:



Выполнение реакции: поместите в пробирку 5-6 капель раствора силиката натрия Na_2SiO_3 и прибавьте 3-4 капли раствора HCl (2 М). Наблюдайте образование кремниевой кислоты в виде геля.

Запишите наблюдение и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

4.2. Реакция с солями аммония. Соли аммония (NH_4Cl , или $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, или NH_4NO_3) при действии на анион SiO_3^{2-} выделяют из растворов силикатов, вследствие смещения реакции гидролиза, кремниевую кислоту H_2SiO_3 в виде геля:



Выполнение реакции: поместите в пробирку 5-6 капель раствора силиката натрия Na_2SiO_3 и прибавьте 5-6 капель раствора хлорида аммония NH_4Cl . Смесь нагрейте на водяной бане. Наблюдайте образование студенистого осадка кремниевой кислоты.

Запишите наблюдение и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

АНАЛИЗ АНИОНОВ II АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ

Цель работы: Проведение аналитических реакций анионов II аналитической группы.

уметь:

— выполнять химические и микробиологические анализы по контролю технологических процессов и качества очистки природных и сточных вод;

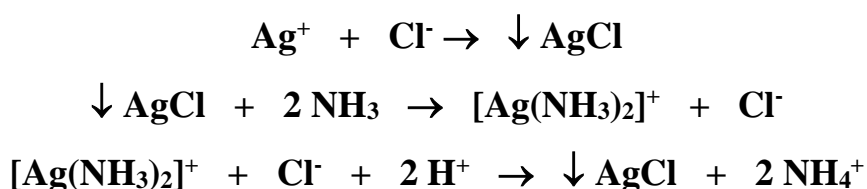
знать:

— методы и параметры контроля природных и сточных вод.

Групповым реагентом на анионы II группы является раствор нитрата серебра AgNO_3 . В результате образуются соли, нерастворимые в воде и разбавленной азотной кислоте. Соли бария анионов II группы растворимы в воде.

1. Аналитические реакции хлорид-иона, Cl^-

1.1. Реакция с нитратом серебра, AgNO_3 . Ион серебра Ag^+ образует с хлорид-ионом Cl^- белый творожистый осадок хлорида серебра AgCl , нерастворимый в воде и кислотах. Осадок хлорида серебра AgCl легко растворяется в растворе аммиака с образованием комплексного соединения $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$. При действии азотной кислоты комплексный ион $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ разрушается и снова выпадает осадок хлорида серебра AgCl :



Выполнение реакции: поместите в пробирку 4-5 капель раствора любого хлорида (NaCl , или KCl , или NH_4Cl) и прибавьте 2-3 капли раствора нитрата серебра AgNO_3 . К образовавшемуся осадку хлорида серебра AgCl прибавьте по каплям раствор аммиака NH_3 (25%) до полного растворения осадка. К полученному бесцветному раствору комплексного соединения добавьте по каплям азотную кислоту до появления белого осадка ($\text{pH} < 7$).

Запишите наблюдения и уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

2. Аналитические реакции сульфид-иона, S^{2-}

2.1. Реакция с растворами разбавленных кислот (HCl или H_2SO_4).

Разбавленные растворы соляной и серной кислот разлагают сульфиды с выделением сероводорода H_2S . Сероводород может быть обнаружен по запаху или почернению фильтровальной бумаги, смоченной ацетатом свинца $\text{Pb}_2(\text{CH}_3\text{COO})_2$:

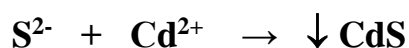




Выполнение реакции: поместите в пробирку 2-3 капли раствора соли (Na_2S , или K_2S , или $(\text{NH}_4)_2\text{S}$) и прибавьте 3-4 капли раствора серной (1 M) или соляной (2 M) кислот. Образующийся H_2S определите по запаху или поднесите к краю пробирки фильтровальную бумагу, смоченную ацетатом свинца (на бумаге появится черное пятно сульфида свинца).

Запишите наблюдения и уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

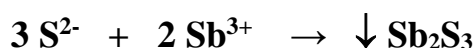
2.2. Реакция с солями кадмия (II). Сульфид-ион S^{2-} образует с солями кадмия (II) желтый осадок сульфида кадмия CdS :



Выполнение реакции: поместите в пробирку 2-3 капли раствора сульфида натрия и прибавьте 2-3 капли раствора соли кадмия $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$. Наблюдайте образование желтого осадка.

Запишите наблюдения и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

2.3. Реакция с солями сурьмы (III). Сульфид-ион S^{2-} образует с солями сурьмы (III) осадок сульфида сурьмы Sb_2S_3 оранжевого цвета:



Выполнение реакции: поместите в пробирку 2-3 капли раствора сульфида натрия и прибавьте 2-3 капли раствора хлорида сурьмы SbCl_3 . Наблюдайте образование оранжевого осадка.

Запишите наблюдения и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

АНАЛИЗ АНИОНОВ III АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ

Цель работы: Проведение аналитических реакций анионов III аналитической группы.

уметь:

– выполнять химические и микробиологические анализы по контролю технологических процессов и качества очистки природных и сточных вод;

знать:

– методы и параметры контроля природных и сточных вод.

1. Аналитическая реакция нитрат-иона, NO_3^-

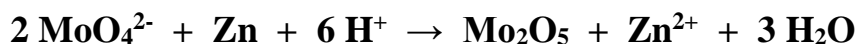
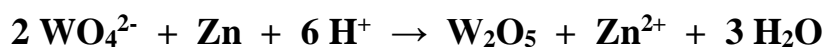
1.1. Реакция с дифениламином, $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$. (Раствор дифениламина приготовлен в концентрированной H_2SO_4 (**будьте осторожны!**) Дифениламин в присутствии концентрированной серной кислоты окисляется нитрат ионом NO_3^- до соединения, имеющего темно-синюю окраску.

Выполнение реакции: внесите в сухую пробирку (**по стенке пробирки!**) 1-2 капли раствора любого нитрата (NaNO_3 , или KNO_3 , или др.) и прибавьте 1-2 капли раствора дифениламина (**по стенке пробирки!**). На стенке пробирки (в месте соприкосновения растворов) наблюдайте темно-синее окрашивание.

Запишите наблюдение в тетрадь.

2. Аналитические реакции анионов MoO_4^{2-} , WO_4^{2-} , VO_3^-

2.1. Восстановление цинком в концентрированной HCl . Анионы MoO_4^{2-} , WO_4^{2-} , VO_3^- восстанавливаются цинком в концентрированной соляной кислоте до Mo_2O_5 - зеленый, W_2O_5 - синий и VOCl_2 - фиолетовый:



Выполнение реакции: поместите в 3 пробирки по 3-4 капли исследуемых растворов (обычно используется $(\text{NH}_4)_2\text{WO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$, NH_4VO_3), прибавьте 3-4 капли концентрированной соляной кислоты и одну гранулу цинка. Окрашивание раствора в синий, зеленый или фиолетовый цвет указывает на присутствие этих анионов.

Запишите наблюдения и уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

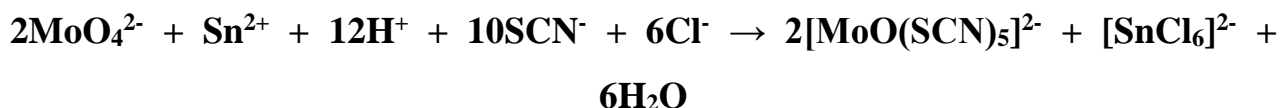
2.2. Реакции на анион MoO_4^{2-} в присутствии WO_4^{2-}

Действие концентрированной HCl , раствора NH_4SCN и раствора SnCl_2 .

При обнаружении MoO_4^{2-} в присутствии WO_4^{2-} последний выделяется в осадок в виде H_2WO_4 действием концентрированной HCl . Молибденовая кислота H_2MoO_4 остается в растворе, так как растворима в избытке HCl :



Затем молибденовую кислоту восстанавливают SnCl_2 в кислой среде, а пентавалентный молибден в виде иона MoO^{3+} связывают NH_4SCN в комплексное соединение красного цвета:



После этого восстанавливают вольфрамовую кислоту SnCl_2 в концентрированной HCl до оксида W_2O_5 синего цвета:



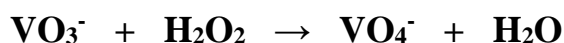
Выполнение реакций. На фильтровальную бумагу нанесите 2 капли концентрированной HCl , 1 каплю раствора NH_4SCN и 1 каплю исследуемого раствора ($(\text{NH}_4)_2\text{WO}_4$ и $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$), а затем - 1 каплю раствора SnCl_2 . Пятно станет красного цвета за счет образования комплексного иона $[\text{MoO}(\text{SCN})_5]^{2-}$. Чтобы открыть ион WO_4^{2-} , в центр пятна, где есть осадок H_2WO_4 , прибавьте по 1

капле SnCl_2 и концентрированной HCl . В присутствии иона WO_4^{2-} центр пятна синее за счет образования W_2O_5 , а края остаются красными.

Запишите наблюдения и уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

2.3. Реакции на анион VO_3^-

2. 3.1. Реакция с пероксидом водорода. Пероксид водорода окисляет ион VO_3^- до надванадиевой кислоты. Цвет раствора меняется от оранжевого до красно-коричневого в зависимости от pH раствора:



Выполнение реакции: поместите в пробирку 3-5 капель раствора серной кислоты (1 M) и 1 каплю раствора H_2O_2 , а через 2 минуты – 5 капель эфира и 3 капли исследуемого раствора (NH_4VO_3). Хорошо перемешайте. В присутствии иона VO_3^- органическая фаза окрасится в оранжевый цвет.

Запишите наблюдения и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

2.3.2. Реакция с лигнином. Лигнин, содержащийся в газетной бумаге, восстанавливает ион VO_3^- до низших степеней окисления, которые окрашивают газетную бумагу в черно-зеленый цвет.

Выполнение реакции: каплю анализируемого раствора (NH_4VO_3) нанесите на газетную бумагу, прибавьте 1 каплю концентрированной H_3PO_4 и наблюдайте появление пятна черно-зеленого цвета.

Запишите наблюдение в тетрадь.

2.4. Реакции на анион CH_3COO^-

Действие серной кислоты H_2SO_4 . Серная кислота вытесняет из растворов ацетатов свободную уксусную кислоту, которую можно обнаружить по запаху.

Выполнение реакции: поместите в пробирку 5 капель раствора ацетата натрия и добавьте 2 капли концентрированной H_2SO_4 . Обнаружьте уксусную кислоту по запаху.

Запишите наблюдение в тетрадь.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

АНАЛИЗ НЕИЗВЕСТНОГО ВЕЩЕСТВА

Цель работы: Проведение анализа неизвестного вещества

уметь:

– выполнять химические и микробиологические анализы по контролю технологических процессов и качества очистки природных и сточных вод;

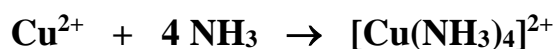
знать:

– методы и параметры контроля природных и сточных вод.

Групповым реагентом на катионы VI аналитической группы является 25% раствор NH_3 . При действии избытка раствора аммиака на раствор, содержащий катионы VI аналитической группы, образуются окрашенные растворы комплексных соединений - аммиакатов.

1. Аналитическая реакция катиона меди (II), Cu^{2+}

1.1. Реакция с раствором аммиака. Катионы Cu^{2+} с избытком концентрированного раствора аммиака образуют комплексное соединение - аммиакат меди, окрашенный в ярко-синий цвет:

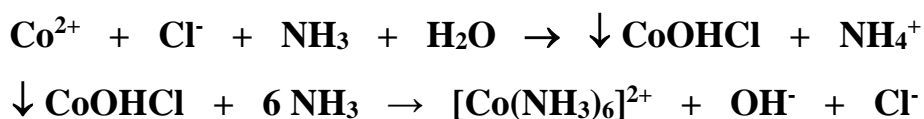


Выполнение реакции: поместите в пробирку 2-3 капли раствора соли меди (II) и прибавьте к нему 4-6 капель 25% раствора аммиака. Обратите внимание на цвет раствора.

Запишите наблюдение и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

2. Аналитические реакции катиона кобальта (II), Co^{2+}

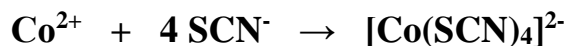
2.1. Реакция с раствором аммиака. Катионы Co^{2+} с избытком концентрированного раствора аммиака образуют комплексное соединение - аммиакат кобальта (II) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$, окрашенное в светло-коричневый цвет:



Выполнение реакции: поместите в пробирку 2-3 капли хлорида кобальта (II) и прибавьте 1-2 капли 25% раствора аммиака. Наблюдайте выпадение синего осадка основной соли кобальта (II) - CoOHCl . Растворите осадок в избытке 25% раствора аммиака.

Запишите наблюдения и уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

2.2. Реакция с роданидом аммония, NH_4SCN (или роданидом калия, KSCN). Катионы Co^{2+} в нейтральной или слабокислой среде с роданид-ионами образуют комплексный ион $[\text{Co}(\text{SCN})_4]^{2-}$, окрашенный в синий цвет:



Выполнению реакции мешают ионы Fe^{3+} , образующие с роданид-ионом комплексное соединение кроваво-красного цвета. Поэтому при определении ионов Co^{2+} реакцией с роданид-ионом в присутствии Fe^{3+} в реакционную смесь добавляют сухую соль фторида натрия (или аммония) для связывания ионов Fe^{3+} в прочный бесцветный комплекс $[\text{FeF}_6]^{3-}$.

Выполнение реакции: поместите в пробирку 2-3 капли раствора соли кобальта (II), 5-6 капель насыщенного раствора роданида аммония (или калия) и 5-6 капель смеси изоамилового спирта с эфиром. Встряхните пробирку. Образующееся комплексное соединение экстрагируется в верхний органический слой и окрашивает его в синий цвет.

Запишите наблюдение и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

3. Аналитические реакции катиона никеля (II), Ni^{2+}

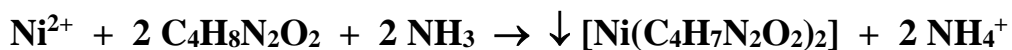
3.1. Реакция с раствором аммиака. Катионы Ni^{2+} с раствором аммиака сначала образуют светло-зеленый осадок основной соли никеля (II), который затем растворяется в избытке концентрированного раствора аммиака с образованием синего раствора аммиаката никеля $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$:



Выполнение реакции: поместите в пробирку 2-3 капли раствора хлорида никеля (II) или другой соли никеля (II) и прибавьте по каплям 25% раствор аммиака до образования светло-зеленого осадка основной соли никеля (II), а затем избыток 25% раствора аммиака до растворения осадка. Обратите внимание на цвет образовавшегося раствора.

Запишите наблюдения и уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

3.2. Реакция с диметилглиоксимом (реактивом Чугаева), $\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2$. Катионы Ni^{2+} в аммиачной среде ($\text{pH} = 9$) образуют с диметилглиоксимом малорастворимую внутрикомплексную соль яркого розового цвета:



Выполнение реакции: поместите в пробирку 2-3 капли раствора соли никеля (II), прибавьте к нему 5-6 капель 25% раствора аммиака и 2-3 капли реактива Чугаева. Встряхните пробирку и наблюдайте образование ярко-красного осадка.

Запишите наблюдение и уравнение реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВА, ПРИНЦИПА РАБОТЫ КАМЕР ХЛОПЬЕОБРАЗОВАНИЯ

Цель: Изучить принцип работы камер хлопьеобразования. Расчитать камеры реакции сослоем взвешанного осадка

Камеры хлопьеобразования (камеры реакции) бывают с механическим и гидравлическим перемешиванием обработанной коагулянтom воды. В отечественной практике чаще используются гидравлические камеры, в которых создается турбулизация потока. Тип камеры зависит от конструкции отстойника. Для горизонтальных отстойников обычно используют перегородчатые, вихревые и со взвешенным слоем (зашламленного типа), поскольку их прямоугольная в плане форма удачно встраивается в конструкцию горизонтального отстойника.

На рисунке 1 показана камера реакции со слоем взвешенного осадка. Исходная вода из смесителя поступает по распределительному трубопроводу в перфорированные распределительные трубы, уложенные по дну камеры. От дна камеры стенки располагают с наклоном, угол раствора составляет $50\text{--}70^\circ$. Выше стенки выполняют вертикальными. Вода из труб выходит с большой скоростью, но с увеличением сечения камеры скорость снижается – возникают завихрения. В пирамидальной части камеры формируется взвешенный слой осадка, который способствует контактной коагуляции и эффективному хлопьеобразованию.

Камера, размеры которой определяются габаритами отстойника, разделяется вертикальными перегородками, для того чтобы движение воды было вертикальным.

После 6–12-минутного пребывания вода через верх торцевой стенки перетекает в отстойник, на входе в который устанавливается погружная перегородка, заглубленная на $\frac{1}{4}$ высоты отстойника.

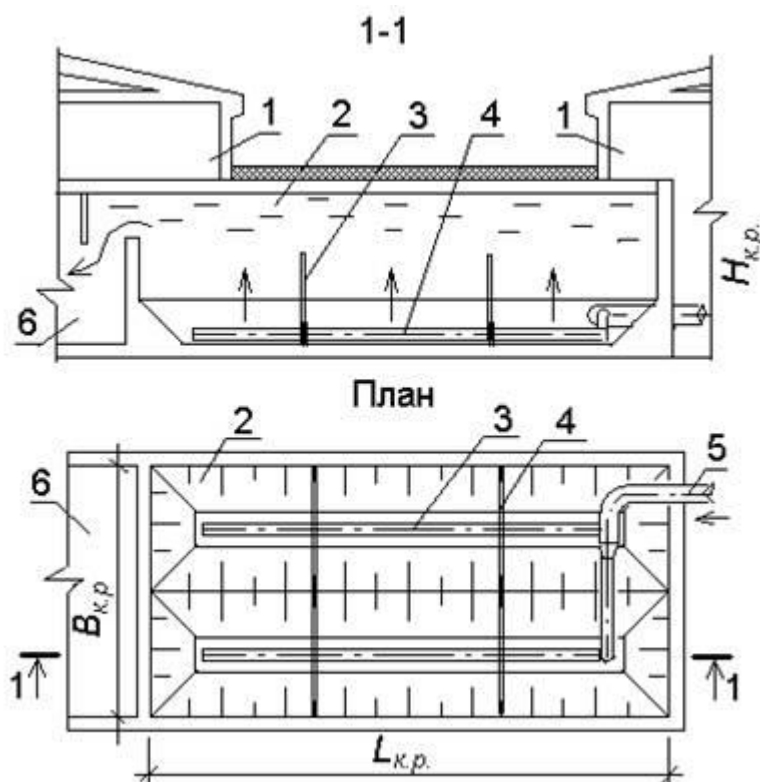


Рисунок 1 - Камера реакции со слоем взвешенного осадка: 1 – павильон; 2 – камера реакции; 3 – перегородка; 4 – водораспределительная труба; 5 – подача воды в камеру; 6 – отстойник

Расчет камеры реакции со слоем взвешенного осадка ведется обычно после расчета отстойников в определенной последовательности.

Назначается ширина камеры $B_{к.р.}$, которая должна быть равна ширине отстойника или его коридора. Площадь (в плане), m^2 , камеры находится по формуле

$$F_{к.р.} = \frac{q}{N \cdot 3600 u_v}$$

где q – расчетная производительность отстойников, $m^3/ч$; N – число коридоров отстойников (коридоров); u_v – восходящая скорость движения воды, принимается 0,65–1,6 мм/с для вод средней мутности и 0,8–2,2 мм/с при осветлении мутных вод.

Вычисляется длина камеры, м,

$$L_{к.р} = \frac{F_{к.р}}{B_{к.р}}$$

Высоту камеры реакции принимают равной высоте отстойника. Объем камеры должен обеспечивать пребывание в ней воды в пределах рекомендуемого времени. Фактическое время нахождения воды в камере, мин, определяется как

$$t = \frac{H_{к.р}}{u_B \cdot 60}.$$

Распределение воды осуществляется перфорированными трубами, уложенными по дну с расстояниями: от стенок до оси труб – 1 м, между соседними трубами – 2 м. Таким образом, при ширине камеры 4 м требуется две трубы, при ширине 6 м – три трубы. Скорость движения в начале труб принимается 0,5–0,6 м/с. Площадь отверстий в каждой трубе должна составлять 30–40 % площади ее сечения. Диаметр отверстий принимается не менее 25 мм. Отверстия выполняются под углом 45° вниз в шахматном порядке.

Сбор и отведение воды из камеры производится лотком или затопленным водосливом. Его высота должна быть такой, чтобы поток, образующийся между уровнем воды и верхом стенки, имел горизонтальную скорость не более 0,1 м/с для мутных вод и 0,05 м/с – для цветных вод. Скорость воды между стенкой (водосливом) и подвесной перегородкой в отстойнике должна быть не более 0,03 м/с.

При количестве встроенных в отстойники камер реакции менее шести предусматривают одну резервную. Над камерами предусматривают павильон шириной не более 6 м.

Гидравлические камеры хлопьеобразования (КХО) чувствительны к концентрации взвешенных веществ и температуре воды. При малой мутности воды, равно как и при низкой температуре, процесс хлопьеобразования проходит вяло, что не способствует образованию крупных агрегатов. В КХО с рециркуляторами осадка за счет возврата части хлопьев в зону контакта с поступающей водой создается концентрированная контактная масса, благоприят-

но сказывающаяся на хлопьеобразовании. Конструкция КХО с рециркуляторами системы М.Г. Новикова показана на рис. 7.2.

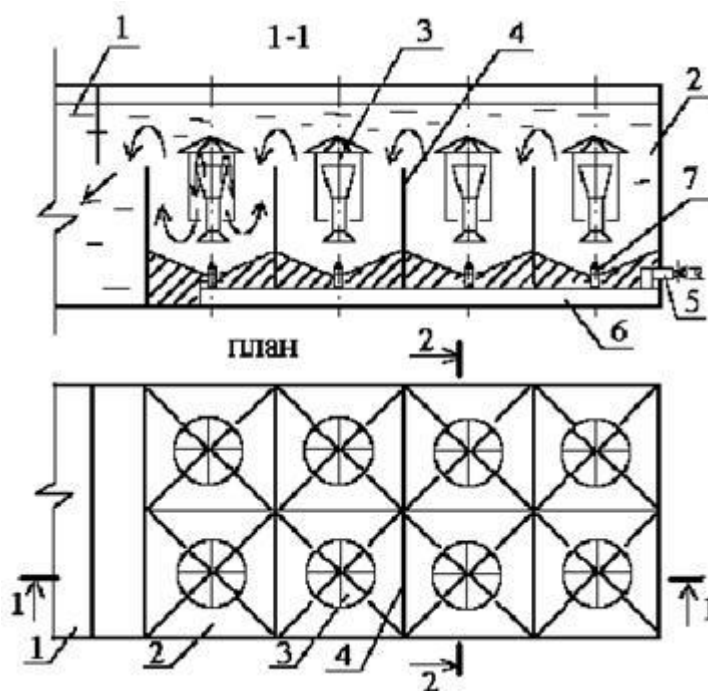


Рисунок 2 - Камера хлопьеобразования с рециркуляцией осадка: 1 – отстойник; 2 – камера хлопьеобразования; 3 – рециркулятор осадка; 4 – перегородки, разбивающие камеру на последовательно работающие секции; 5 – подача воды на обработку; 6 – распределительная труба с соплами 7

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

ФИЛЬТРОВАНИЕ ВОДЫ ЧЕРЕЗ ЗЕРНИСТЫЙ МАТЕРИАЛ

Цель: Изучить способы осветления воды фильтрованием через слой зернистого насыпного материала и технологию фильтрования

Начальным этапом водоподготовки, как правило, является освобождение ее от взвешенных примесей - осветление воды, иногда классифицируемое как предварительная обработка.

Различают несколько типов фильтрования:

- *процеживание* - размеры пор фильтрующего материала меньше размеров задерживаемых частиц;

- *пленочное фильтрование* - при определенных условиях, после некоторого начального периода, фильтрующий материал обволакивается пленкой взвешенных веществ, на которой могут задерживаться частицы даже более мелкие, чем размер пор фильтрующего материала: коллоиды, мелкие бактерии, крупные вирусы;

- *объемное фильтрование* - взвешенные частицы, проходя через слой фильтрующего материала, многократно изменяют направление и скорость движения в щелях между гранулами и волокнами фильтрующего материала; таким образом, грязеемкость фильтра может быть довольно большой - больше, чем при пленочном фильтровании.

Фильтрование в тканевых, керамических, почти во всех фильтрах с неткаными волокнистыми фильтрующими элементами осуществляется по первым двум из названных типов; в мелкозернистых насыпных фильтрах - по второму типу, в крупнозернистых насыпных - по третьему.

Классификация фильтров с зернистой загрузкой

Зернистые фильтры применяют, в основном, при очистке жидкостей, у которых содержание твердой фазы ничтожно мало, и осадок не представляет ценности, основное назначение фильтров - для осветления природной воды. Именно они наиболее широко применяются в технике водоподготовки.

Классификация фильтров по ряду основных признаков:

скорость фильтрования:

- медленные (0,1-0,3 м/ч);
- скорые (5-12 м/ч);
- сверхскоростные (36-100 м/ч);

давление, под которым они работают:

- открытые или безнапорные;
- напорные;

количество фильтрующих слоев:

- однослойные;

- двухслойные;
- многослойные.

Наиболее эффективны и экономичны многослойные фильтры, в которых для увеличения грязеемкости и эффективности фильтрации загрузку составляют из материалов с различной плотностью и размером частиц: сверху слоя - крупные легкие частицы, внизу - мелкие тяжелые. При нисходящем направлении фильтрования крупные загрязнения задерживаются в верхнем слое загрузки, а оставшиеся мелкие - в нижнем. Таким образом, работает весь объем загрузки. Осветлительные фильтры эффективны при задержании частиц размером >10 мкм.

Технология фильтрования

Вода, содержащая взвешенные частицы, двигаясь через зернистую загрузку, задерживающую взвешенные частицы, осветляется. Эффективность процесса зависит от физико-химических свойств примесей, фильтрующей загрузки и гидродинамических факторов. В толщине загрузки происходит накопление загрязнений, уменьшается свободный объем пор и возрастает гидравлическое сопротивление загрузки, что приводит к росту потерь напора в загрузке.

В общем виде, процесс фильтрации можно условно разбить на несколько стадий: перенос частиц из потока воды на поверхность фильтрующего материала; закрепление частиц на зернах и в щелях между ними; отрыв закрепленных частиц с переходом их обратно в поток воды.

Извлечение примесей из воды и закрепление их на зернах загрузки происходит под действием сил адгезии. Осадок, формирующийся на частицах загрузки, имеет непрочную структуру, которая под влиянием гидродинамических сил может разрушаться. Некоторая часть ранее прилипших частиц отрывается от зерен загрузки в виде мелких хлопьев и переносится в последующие слои загрузки (суффозия), где вновь задерживается в поровых каналах. Таким образом, процесс осветления воды нужно рассматривать как суммарный результат процесса адгезии и суффозии. Осветление в каждом элементарном слое загрузки

происходит до тех пор, пока интенсивность прилипания частиц превышает интенсивность отрыва.

По мере насыщения верхних слоев загрузки процесс фильтрации переходит на нижерасположенные, зона фильтрации как бы сходит по направлению потока от области, где фильтрующей материал уже насыщен загрязнением и преобладает процесс суффозии к области свежей загрузки. Затем наступает момент, когда весь слой загрузки фильтра оказывается насыщенным загрязнениями воды, и требуемая степень осветления воды не обеспечивается. Концентрация взвеси на выходе загрузки начинает возрастать. Время, в течение которого достигается осветление воды до заданной степени, называется *временем защитного действия загрузки*. При его достижении, либо при достижении предельной потери напора осветлительный фильтр необходимо перевести в режим взрыхляющей промывки, когда загрузка промывается обратным током воды, а загрязнения сбрасываются в дренаж. Возможность задержания фильтром грубой взвеси зависит, в основном, от ее массы; тонкой взвеси и коллоидных частиц - от поверхностных сил. Важное значение имеет заряд взвешенных частиц, так как коллоидные частицы одноименного заряда не могут объединяться в конгломераты, укрупняться и оседать: заряд препятствует их сближению. Преодолевается это «отчуждение» частиц искусственным коагулированием. Как правило, коагулирование (иногда, дополнительно, - флокулирование) производится в отстойниках-осветлителях. Часто этот процесс совмещается с умягчением воды известкованием, или содо-известкованием, или едконатровым умягчением. В обычных осветлительных фильтрах чаще всего наблюдается пленочное фильтрование. Объемное фильтрование организуют в двухслойных фильтрах и в так называемых контактных осветлителях. В фильтр засыпают нижний слой кварцевого песка с размером зерен 0,65-0,75 мм и верхний слой антрацита с размером зерен 1,0-1,25 мм. На верхней поверхности слоя крупных зерен антрацита пленка не образуется, взвешенные примеси проникают вглубь слоя - в поры и откладываются на поверхности зерен. Взвешенные вещества, прошед-

шие слой антрацита, задерживаются нижним слоем песка. При взрыхляющей промывке фильтра слои песка и антрацита не перемешиваются, так как плотность антрацита вдвое меньше плотности кварцевого песка.

Скорость фильтрации

Скорость протекания воды через фильтрующий слой зависит от нескольких факторов: - природы фильтрующего материала;

- характера загрязнений воды («сминаемые» частицы, например, гидроксид железа (Fe^{3+}), или «несминаемые», например мелкие кварцевые песчинки);

- толщины фильтрующего слоя; температуры воды (например, для песчаного фильтра установлено: при увеличении температуры воды от 20 до 60°C скорость фильтрации можно увеличить вдвое - при той же эффективности фильтрации).

Для песчаного фильтра скорость фильтрации можно вычислить по формуле:

$$v = 3600 \cdot c \cdot d^2 \cdot h / (l \cdot (0,7 + 0,03 \cdot t)),$$

где v - скорость фильтрации, м/ч;

c - коэффициент, примерно равный 40;

d - диаметр гранул фильтрующего песка, м;

l - толщина фильтрующего слоя, м;

h - потеря напора при фильтрации, мвод. ст.; t - температура воды, °C.

Условия применения

Фильтрация в осветлительных фильтрах применяется для удаления взвешенных примесей при их количестве до 100 мг/л (двухслойные фильтры) и до 50 мг/л (однослойные). Если в исходной воде значения перманганатной окисляемости больше 15 мгО/л или цветности больше 30 градусов платино-кобальтовой шкалы (двухслойные фильтры) и окисляемости больше 8 мгО/л или цветности больше 20 градусов - (однослойные фильтры), то необходимо предварительное коагулирование.

При водозаборе из открытых водоемов коагулирование сульфатом алюминия или оксихлоридом алюминия, как правило, применяется в периоды паводков или цветения воды при показателях качества исходной воды: щелочность - до 2 ммоль/л; цветность - более 30 градусов платино-кобальтовой шкалы; перманганатная окисляемость более 5 мгО/л - при последующем обессоливании ионированием или обескремнивании, перманганатная окисляемость - более 12 мгО/л,- при последующем натрий- или водород-катионировании. При этом должны предусматриваться вспомогательные реагенты: при недостаточной (меньше 1 ммоль/л) щелочности - гидроксид натрия, карбонат и гидрокарбонат натрия, оксид кальция; при плохой коагулируемости - хлор или хлорная известь; для укрупнения хлопьев (если содержание взвешенных примесей в исходной воде не более 20 мг/л)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12

ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ СИЛЬНЫМИ ОКИСЛИТЕЛЯМИ

Цель: Рассмотреть процесс обеззараживания воды сильными окислителями

Сильные окислители, окисляя ферменты бактериальных клеток, убивают бактерии. Для обеззараживания воды можно применять хлор, бром, йод, дву-

окись хлора, соли хлорноватой и хлорноватистой кислот; озон, перманганат калия, перекись водорода. Наибольшее распространение в качестве обеззараживающих средств получили жидкий хлор и гипохлориты натрия и кальция, что объясняется их относительно невысокой стоимостью.

Процесс обеззараживания воды сильными окислителями проходит в две ступени: сначала обеззараживающий агент диффундирует через оболочку внутрь клетки микроорганизма, а затем вступает в реакцию с ферментами внутри клетки.

Скорость процесса обеззараживания воды определяется кинетикой отмирания клеток в результате нарушения метаболизма, наступающего вследствие окисления ферментов обеззараживающими агентами.

Общая скорость процесса обеззараживания воды на очистных сооружениях, возрастает с увеличением концентрации обеззараживающего агента в воде, повышением ее температуры и переходом обеззараживающего агента в недиссоциированную форму, поскольку диффузия вещества через оболочку клетки происходит быстрее, чем ионов, образующихся при диссоциации данного вещества.

Процесс обеззараживания воды замедляется в присутствии способных окисляться органических веществ и других восстановителей, а также в присутствии коллоидных и взвешенных веществ, обволакивающих бактерии и мешающих их контакту с обеззараживающим агентом.

Жидкий хлор, применяемый в практике водоподготовки, характеризуется взрывоопасностью и токсичностью, что представляет значительный риск для обслуживающего персонала очистных сооружений и населения, проживающего вблизи очистных сооружений. Поэтому в настоящее время продолжают поиски методов и реагентов, исключающих применение жидкого хлора, но обеспечивающих не менее продолжительную консервацию обработанной воды.

Одним из путей решения этой задачи является замена жидкого хлора другими препаратами, содержащими активный хлор (диоксид хлора, хлорамины).

Однако эти реагенты также небезопасны для организма человека. Так, диоксид хлора оказывает отрицательное влияние на щитовидную железу и может быть причиной возникновения острых токсикозов, а хлорамины обуславливают мутагенные изменения печени и глаз.

Одним из направлений по предотвращению образования ГСС в питьевой воде является использование более сильных окислителей и дезинфекантов, не дающих такого побочного действия.

К таким средствам относится диоксид хлора ClO_2 , широко использующийся при водоподготовке за рубежом.

Несмотря на то, что диоксид хлора был впервые применен в качестве сильного дезинфицирующего средства в конце 30-х годов XX века, он лишь недавно начал применяться в промышленном масштабе.

Диоксид хлора при обычных условиях представляет собой желто-оранжевый газ с резким запахом, напоминающим запах хлора, смешанного с окислами азота. ClO_2 - неустойчивое соединение, при температуре 30-50 °C разлагается по цепному механизму, при температуре выше 65°C или в присутствии органических веществ - спонтанно со взрывом. В присутствии разбавителей - инертных газов воздуха (N_2 , He , Ar) - вероятность детонации значительно снижается. В промышленных производствах допускается содержание ClO_2 в газовой смеси по объему до 10% при отсутствии искры. Хорошо растворим в воде (до 20 объемов ClO_2 на один объем воды).

В настоящее время диоксид хлора широко используется за рубежом для очистки питьевых и сточных вод. Так, в США, работают около 600 установок для обработки воды диоксидом хлора. Аналогичные установки действуют также в Европе, Израиле и Японии.

Диоксид хлора ClO_2 является эффективным дезинфицирующим средством, обладающим рядом преимуществ перед хлором. В частности, он обладает более высоким бактерицидным и вирулентным действием, отсутствием в продуктах обработки канцерогенных хлорорганических соединений, высоким

дезодорирующим и окислительным действием, улучшением органолептических свойств питьевой воды, исключает необходимость перевозки, хранения и использования значительного количества жидкого хлора, что повышает уровень безопасности населения, проживающего на ближайших территориях.

Диоксид хлора превосходит также и другие известные средства, используемые для обеззараживания и очистки питьевых и сточных вод. В отличие от перекиси водорода он обеспечивает длительное и устойчивое обеззараживание воды от вирусов и бактерий. По сравнению с гипохлоритом натрия ClO_2 более устойчив, обеспечивает высокую степень окисления органических соединений, требует меньших расходов на обработку. Диоксид

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13

РАССМОТРЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ ОСВЕТИТЕЛЯ

Цель: Разобрать и изучить сооружения для осветления воды

Сравнивая данные качества воды природных источников (полученные по результатам анализа) с требованиями потребителей определяют мероприятия для ее обработки.

В практике водоснабжения применяются следующие основные технологические операции для улучшения качества воды:

- **осветление** – удаление взвешенных веществ;
- **обесцвечивание** – устранение веществ, придающих воде цвет;
- **обеззараживание** – уничтожение содержащихся в воде бактерий;
- **опреснение** – частичное удаление растворенных солей до норм;
- **умягчение** – удаление солей кальция и магния, обуславливающих жесткость воды;
- **обезжелезивание** – освобождение воды от растворимых соединений железа;
- **обесфторивание** – удаление соединений фтора;
- **фторирование** – добавление в воду фтора;

— **дегазация** – удаление из воды растворимых газов (H_2S , CO_2 , O_2);

— **дезактивация** – удаление из воды радиоактивных веществ.

Перед использованием воды в технологических системах потребителей ее необходимо обработать. Основные процессы обработки воды для технического водоснабжения проходят в очистных сооружениях, в задачу которых входит:

1. удаление из воды содержащихся в ней взвешенных (нерастворимых) веществ (осветление воды);

2. устранение веществ, обуславливающих цветность воды (обесцвечивание воды);

3. уничтожение содержащихся в воде бактерий (обеззараживание воды);

4. удаление из воды катионов кальция и магния (умягчение воды).

Осветление воды

Удаление взвешенных механических примесей природных и сточных вод чаще всего осуществляется:

1. путем отстаивания воды в отстойниках;

2. пропуском воды через слой ранее выпавшего осадка в осветлителях;

3. пропуском воды через слой зернистого материала в фильтрах, или же путем комбинированного использования данных устройств.

Отстаивание воды

Отстаивание воды осуществляется в горизонтальных, вертикальных и радиальных отстойниках.

Горизонтальные отстойники

Горизонтальный отстойник представляет собой бассейн прямоугольной формы длиной **L**, шириной **B**, глубиной **H**.

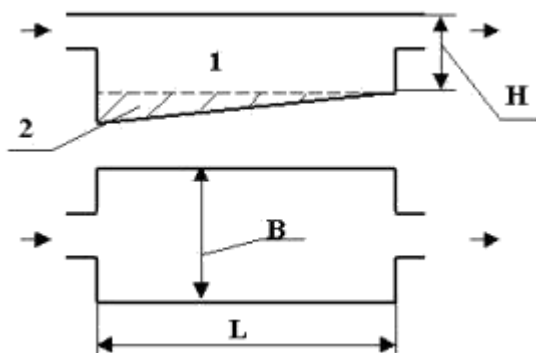


Рисунок 3 — Горизонтальный отстойник

Вода, подлежащая осветлению, подходит с одного торца бассейна, проходит вдоль зоны осаждения 1 отстойника и отводится у противоположного торца. Ниже глубины H в отстойнике расположена зона накопления 2, в которой собирается и уплотняется выпавший осадок, причем ее дно имеет уклон, обратный ходу воды, не менее 0,02.

Размеры отстойника следует определять в соответствии с рекомендациями **СНиП**. Если ширина отстойника значительна, то он разделяется продольными перегородками шириной не более **6м**. Объем зоны накопления отстойника должен быть рассчитан на прием осадка, выпадающего между его шестками, м^3 :

$$V_{\text{з}} = \frac{Q_{\text{сут}} (N_{\text{ср}}^{\text{м}} - N_{\text{о}}) \cdot T}{1000 \cdot \delta},$$

где $Q_{\text{сут}}$ — суточная производительность отстойника, $\text{м}^3/\text{сутки}$;

$N_{\text{ср}}^{\text{м}}$ — средняя в период между выпусками осадков расчетная мутность поступающей воды, мг/л ;

$N_{\text{о}}^{\text{м}}$ — заданная мутность отстоянной воды, мг, л ;

T — продолжительность периода между выпусками осадков, сут ;

δ — расчетная концентрация уплотненного осадка в зоне накопления, г/л .

При изменении $N_{\text{ср}}^{\text{м}}$ от 100 до 2500 мг/л значение δ изменяется от 8 до 40 г/л . При значительном содержании взвешенных частиц в осветляемой воде удаление осадка из отстойника должно быть механизировано. С этой целью уста-

навливаются скребковые транспортеры с насосом или системы дырчатых труб.

Горизонтальные отстойники экономически оправдываются при необходимости осветлять **более 10 м³/с воды**. Как правило, сооружают не менее двух параллельно работающих горизонтальных отстойников.

В воду перед подачей в отстойник обычно добавляют коагулянт, способствующий укрупнению взвеси. Образующиеся при коагуляции крупные частицы осаждаются во много раз быстрее. В качестве коагулянта чаще всего применяют: сернокислый алюминий, железный купорос, хлорное железо (Al_2SO_4 ; FeSO_4 ; FeCl). Глубина зоны осаждения $H=2,5\ldots 3,5\text{ м}$.

Вертикальные отстойники

В вертикальных отстойниках осветляемая вода движется вертикально – снизу вверх. Вертикальные отстойники применяют при обработке **не более 1,0 м³/с воды**.

Вертикальный отстойник представляет собой цилиндрический корпус (рисунок 4) с коническим дном и центральной цилиндрической трубой.

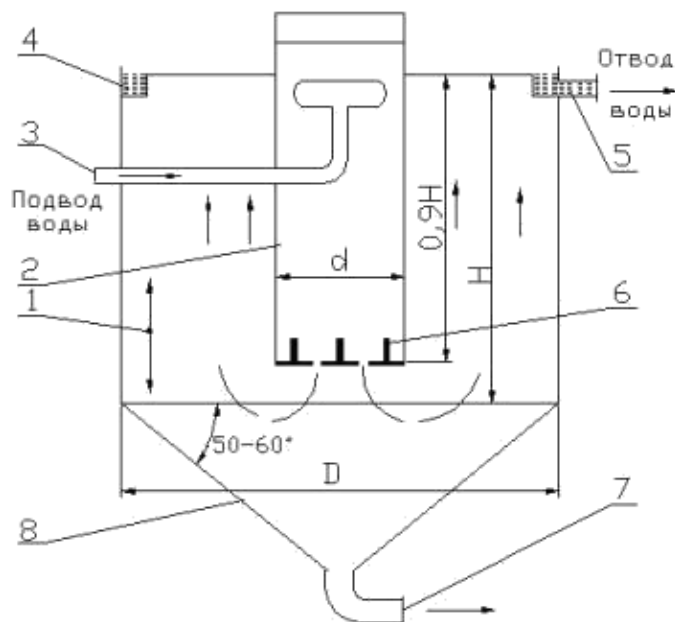


Рисунок 4 — Вертикальный отстойник

- 1 – корпус;
- 2 – центральная труба;
- 3 – подающая труба;

4 – сборный желоб;

5 – отводная труба;

6 – гаситель;

7 – труба отвода осадка.

w – скорость движения воды;

u – скорость выпадения частиц

(в неподвижной воде)

Отстаивание воды осуществляется следующим образом. Вода по трубе **3** подается в верхнюю часть центральной трубы **2** и, опускаясь по ней вниз, проходит через гаситель **6** в нижнюю часть корпуса отстойника. Далее вода движется со скоростью $w \approx 0,5...0,6$ мм/с вверх по кольцевому сечению между корпусом и центральной трубой и отводится через сборный желоб **4** и отводную трубу **5**. Взвешенные частицы во время восходящего движения воды стремятся опуститься со скоростью выпадения частиц u вниз.

Все частицы, у которых $u \geq w$ будут задерживаться в отстойнике и постепенно оседать в его нижней части, угол конусности которой $\alpha = 50...60^\circ$ обеспечивает сползание осадка к трубе отвода его по **7**. По трубе **7** осадок периодически удаляется из отстойника без выключения его из работы.

Высота цилиндрической части отстойника $H=4...5$ м. Диаметр отстойника можно определить по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{\beta \cdot 4 \cdot Q}{\pi \cdot w} + d^2},$$

где Q – расчетное количество воды, проходящей через отстойник, м³/с;

β – коэффициент объемного использования отстойника, учитывающий наличие зон с локальными значениями скорости движения воды больше ?;

d – диаметр центральной трубы определяется по соотношению:

$$d = \frac{4 \cdot Q \cdot \tau}{0,9 \cdot H \cdot \pi}, \text{ м}$$

$\tau = 900...1200$ – время пребывания взвешенной частицы в центральной

трубе, с.

Рекомендуется в вертикальных отстойниках иметь отношение $D/H \leq 1,5$.
Вертикальные отстойники, как правило, используют коагулированную воду.

Радиальные отстойники

Радиальные отстойники (рисунок 5) имеют радиальное направление воды и представляют собой круглый железобетонный резервуар большого диаметра и небольшой глубины — $D/H > 3,5$. При увеличении отношения D/H возрастают горизонтальные составляющие скорости движения воды, причем значение скорости по мере продвижения воды от центра к периферии снижается.

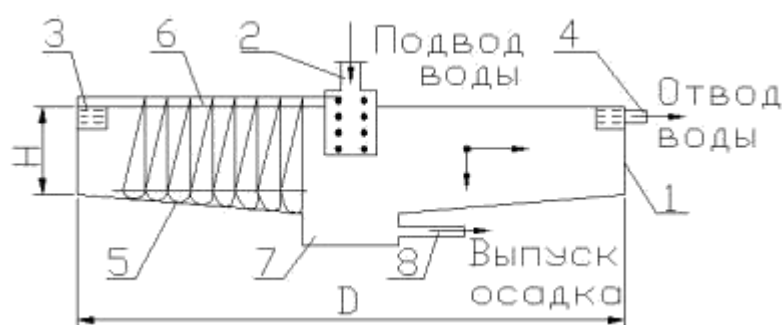


Рисунок 5 — Радиальный отстойник

- 1 – железобетонный резервуар;
- 2 – центральный распределительный цилиндр;
- 3 – круговой водосливной желоб;
- 4 – отводная труба;
- 5 – скребки;
- 6 – вращающаяся ферма;
- 7 – привод;
- 8 – грязевая труба.

Отстаивание воды осуществляется так: вода подается в центральную часть отстойника внутрь цилиндра 2 с глухим дном и дырчатыми стенками, погруженного в отстойник на глубину H . Через отверстия в стенках цилиндра поток воды равномерно распределяется по отстойнику и движется к его периферии, где поступает в круговой водосливной желоб 3. Затем вода отводится из желоба по трубам 4. Осадок выпадает на дно отстойника и специальными

скребками **5**, закрепленными на медленно вращающейся вокруг центра отстойника ферме **6**, сгребается в приямок **7**, откуда удаляется по грязевой трубе **8**.

Радиальные отстойники устраивают диаметром **5...60м**. Глубина отстойника по его периферии **h=1,5...2,5м**. Дно отстойника выполняется с уклоном по направлению к центру. Глубина отстойника в центре:

$$H_{\text{ц}} = h + iR,$$

где R – радиус радиального отстойника;

i – уклон днища отстойника, принимается равным **0,04**.

Безнапорный Гидроциклон

Гидроциклон представляет собой цилиндрический корпус с вытянутым коническим дном (рисунок 6).

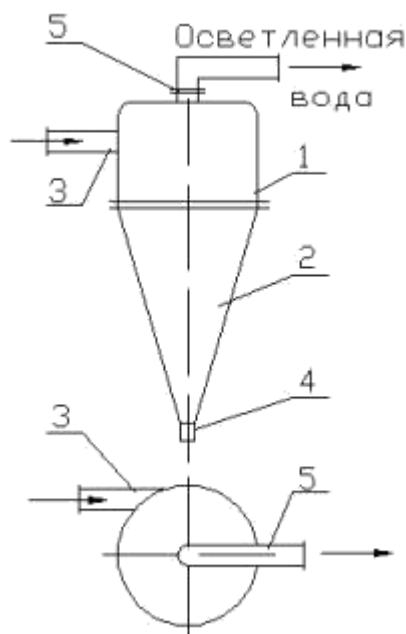


Рисунок 6 – Гидроциклон

1 – корпус;

2 – коническое днище;

3–тангенциально расположенный подающий патрубок;

4 – выпускной патрубок;

5 – отводящий патрубок.

Принцип работы гидроциклона следующий: вода подается в корпус **1** через тангенциально расположенный патрубок **3**. При вращении воды ча-

стицы взвеси отгоняются к цилиндрической стенке корпуса **1** и сползают по ней в конусное днище, из которого удаляются через выпуск **4**. Осветленная вода отводится из центра корпуса **1** через патрубок **5**.

Производительность гидроциклона может быть определена по формуле:

$$Q=3600 \cdot \alpha \cdot \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta H}$$

где **Q** – количество **осветляемой** воды, м³/ч;

α – коэффициент, учитывающий потери воды в осадке и равный 0,85...0,90;

μ – коэффициент расхода гидроциклона;

ω – площадь сечения подающего патрубка;

ΔH – потери напора в гидроциклоне.

Эффективность работы гидроциклона возрастает с увеличением скорости вращения воды (и, следовательно, расхода воды). Причем эта скорость (при заданной производительности) будет тем больше, чем меньше диаметр гидроциклона. При этом одновременно будут возрастать **ΔH** и расход энергии на подачу воды.

Для удаления тонкодисперсной взвеси оказывается рациональным применение гидроциклонов весьма малых диаметров (порядка 10...20мм). Для возможности осветления заданных количеств воды при этом приходится использовать значительное число параллельно включенных гидроциклонов.

Осветление воды в осветлителях

При повышенных требованиях технологии к качеству воды и наличию в исходной воде большого количества мелкодисперсной взвеси осветление в отстойниках может оказаться недостаточным и потребуются дополнительная стадия очистки. Рассмотрим одну из возможных конструкций осветлителя – осветлитель с поддонным осадкоуплотнителем и дырчатым днищем (рисунок 7). Осветлитель представляет собой цилиндрический сосуд с конусным дном.

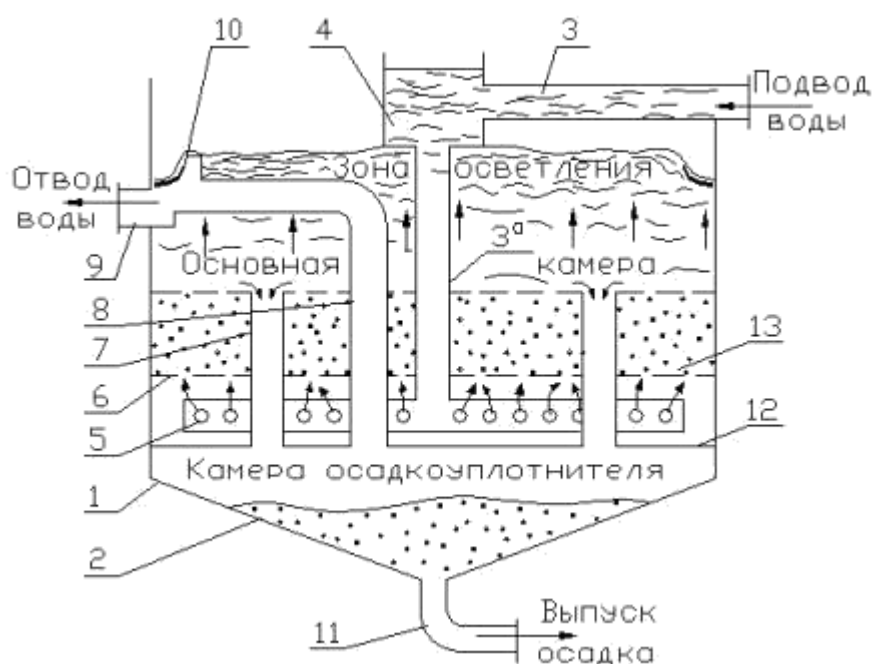


Рисунок 7 — Осветлитель с дырчатым дном

- 1 – корпус;
- 2 – коническое дно;
- 3 – подводный патрубок;
- 3^а – вертикальная труба;
- 4 – лоток;
- 5 – дырчатые трубы;
- 6 – взвешенные слои осадка;
- 7 – осадкоотводящие трубы;
- 8 – труба;
- 9 – отводящий патрубок;
- 10 – лоток;
- 11 – патрубок отвода;
- 12 – сплошное днище;
- 13 – дырчатое днище.

Вода с коагулянтном через подводный патрубок **3** подводится в лоток **4**, служащий воздухоотделителем, а из него по вертикальной трубе **3^а** подается в дырчатые трубы **5**. Через отверстия в этих трубах вода поступает в простран-

ство, ограниченное снизу сплошным днищем **12**, а сверху – дырчатым днищем **13**. Днище **12** разделяет осветлитель на камеру осадкоуплотнения и основную камеру.

Через отверстия в дырчатом днище вода проходит в основную камеру, в которой происходит выпадение взвешенных частиц. Частицы, выпадающие из воды, оседают на поверхности дырчатого днища, образуя слой взвешенного осадка **6**.

Последующие порции воды фильтруются через этот слой, очищаясь в нем как от крупных, так и от мелких взвешенных частиц.

Затем вода поднимается вверх и переливается в лоток **10**, из которого отводится через отводящий патрубок **9**.

Для того, чтобы осветлитель полностью не заполнялся осадком в днище **12** заделывается система осадкоотводящих труб **7**, высота которых определяет высоту фильтрующего слоя осадка **6**.

Камера осадкоуплотнения через трубу **8** соединяется с лотком **10**. Так как уровень воды в основной камере выше, чем в лотке **10**, то под действием этой разности-уровней возникает циркуляция воды из основной камеры через трубы **7** в камеру осадкоуплотнения, а из нее через трубу **8** в лоток **10**. При этом вода, сливающаяся в трубы **7**, захватывает весь слой осадка выше их уровня. Осадок, попадая в камеру осадкоуплотнения, осаждается в поддонном осадкоуплотнителе. По мере накопления осадок отводится через патрубок **11**.

Процессы, происходящие во взвешенном слое осадков, очень сложны. Поэтому трудно определить численные соотношения между требуемым эффектом осветления и основными параметрами взвешенного слоя, и расчет осветлителей основан на использовании результатов технологического моделирования. СНиП рекомендует принимать расчетные скорости восходящего движения коагулированной воды над слоем взвеси ω_0 и долю воды, уходящую в осадкоуплотняющую камеру k_0 .

Суммарная площадь осадкоотводящих труб, m^2 , определяется по формуле

$$F = \frac{k_o \cdot Q}{1000 \cdot \omega_{от}},$$

где $\omega_{от}$ – скорость движения осадка с водой в осадкоотводящих трубах, мм/с (обычно $\omega_{от} = 40 \dots 60$ мм/с);

Q – количество воды, проходящее через осветлитель, м³/с.

Диаметр осветлителя определяется по следующему соотношению

$$D = \sqrt{\frac{4(1 - k_o) \cdot Q}{\pi \cdot \omega_o \cdot 1000} + \frac{k_o \cdot Q}{\omega_{от} \cdot 1000}}$$

Высота слоя взвешенного осадка принимается равной **2...2,5 м**, а зоны осветления над слоем взвеси **от 1,5 до 2,0 м**.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Министерство образования и науки Челябинской области
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение

ОТЧЕТ

по выполнению лабораторных работ

МДК 03.01 Очистка и контроль качества природных и сточных вод

Выполнил: _____

Группа: _____

Проверил: _____

Челябинск, 20__

Список литературы

Основные источники:

1. Базавлук, В. А. Инженерное обустройство территорий. Мелиорация : учебное пособие для СПО / В. А. Базавлук. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 139 с.
2. Клиорина, Г. И. Инженерная подготовка городских территорий : учебник для СПО / Г. И. Клиорина, В. А. Осин, М. С. Шумилов. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 331 с.
3. Павлинова, И. И. Водоснабжение и водоотведение : учебник и практикум для СПО / И. И. Павлинова, В. И. Баженов, И. Г. Губий. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 380 с.
4. Феофанов, Ю. А. Инженерные сети: современные трубы и изделия для ремонта и строительства М. : Издательство Юрайт, 2018. — 157 с. -5-534-04929-9.
5. Каракеян, В. И. Очистные сооружения в 2 ч. Часть 1 : учебник и практикум для СПО / В. И. Каракеян, О. В. Кондратьева ; под общ. ред. В. И. Каракеяна. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 277 с.
6. Каракеян, В. И. Очистные сооружения в 2 ч. Часть 2 : учебник и практикум для СПО / В. И. Каракеян, О. В. Кондратьева ; под общ. ред. В. И. Каракеяна. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 311 с.

Дополнительные источники:

1. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. — М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2001.