

Министерство образования Республики Башкортостан
Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение
Уфимский топливно-энергетический колледж

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СРЕДИ СТУДЕНТОВ 2, 3 курсов
«Молодежь. Наука. Творчество»

**Применение методов аналитической химии при изучении
состава талой воды**
(Секция «экология, биология, химия»)

Выполнили:
Ахтямова Г.А., Захарова А.В.
Студенты 2 курса, группы 2Т,
специальность 13.02.05
Научный руководитель:
Яхина Р.В.
преподаватель химических
дисциплин

Оглавление

	СТР.
Введение	3
ГЛАВА I. Основные аналитические методы анализа	4
ГЛАВА II. Экспериментальное определение химического состава талой воды	8
Заключение	12
Список использованных источников	13
Приложения	14

Введение

Сегодня следует обязательно выполнять очистку воды, поступающей в наши квартиры и дома. Очень важно знать хотя бы первоначальные основы водоподготовки, чтобы иметь понятие о том, как обезопасить себя и членов своей семьи, и поэтому проблема правильной водоподготовки является актуальной на сегодняшний день. В настоящее время в воде содержится очень много загрязняющих веществ – соли жесткости, сероводород, соединения железа и много других органических загрязнений. Прибавьте к этому еще и то обстоятельство, что металлические трубы, из которых состоит подавляющее большинство отечественных систем водоснабжения, уже давно исчерпали свой ресурс, и их стенки заросли огромным количеством вредных органических элементов, которые отнюдь не улучшают качество воды [7].

Следует отметить, что водоподготовка на ТЭЦ помогает решить весь комплекс проблем, ведь основная работа технолога на ТЭЦ заключается в том, чтобы правильно подготовить воду для котельных установок. Если говорить в общем, то состав промышленной водоподготовки питьевой воды будет зависеть, прежде всего, от химического анализа воды. Как известно, для ТЭЦ используют воду из первичных источников, порою очень загрязненную примесями. В виду этого *целью нашего проекта* является изучить основные методы аналитической химии при водоподготовке на примере изучения химического состава талой воды, как источника сырья для ТЭЦ. Для решения проблемы нами определены следующие задачи: рассмотреть основные методы аналитической химии применимые при качественном определении состава воды, провести экспериментальное определение химического состава талой воды и подобрать наиболее эффективные методы для водоподготовки.

ГЛАВА I. Основные аналитические методы анализа

Аналитическая химия – это наука об определении химического состава веществ и их химического строения. Выделяют три крупных направления аналитической химии: общие теоретические основы, разработка методов анализа и аналитическая химия отдельных объектов. В зависимости от цели анализа различают качественный анализ, направленный на обнаружение и идентификация компонентов анализируемого образца и количественный анализ, позволяющий определить концентрацию или массу веществ.

В аналитической химии выделяют методы разделения, определения (обнаружения) и гибридные, сочетающие методы первых двух групп. В нашем исследовании мы рассматриваем гравиметрический, титриметрические методы анализа [1].

Гравиметрический анализ. Весовой анализ, один из важных методов количественного химического анализа, основанный на точном измерении массы вещества. Определяемое вещество обычно выделяют из анализируемой пробы в виде малорастворимого соединения известного постоянного химического состава, т. к. выделение вещества в химически чистом виде связано с большими трудностями, а иногда и невозможно. Гравиметрический анализ начинается с взятия точной навески анализируемой пробы и перевода её в раствор. Наиболее ответственная операция гравиметрического анализа — получение легко фильтрующегося (по возможности крупнокристаллического) малорастворимого осадка (потеря вещества вследствие его растворимости не должна превышать 0,1 мг), свободного от примесей посторонних веществ, не удаляющихся при сушке или прокаливании. Гравиметрический анализ отличается большой точностью: относительная ошибка опыта не превышает 0,1%, а при особо тщательной работе может быть доведена до 0,02—0,03% . Недостатки гравиметрического анализа — длительность выполнения и необходимость применения сравнительно больших количеств анализируемой пробы (~0,5 г) [8].

Титриметрический анализ. Анализ основан на точном измерении количества реактива, израсходованного на реакцию с определяемым веществом. Выделяют следующие основные понятия.

Титрование – прибавление титрованного раствора к анализируемому для определения точно эквивалентного количества.

Титрованный, или стандартный, раствор – раствор, концентрация которого известна с высокой точностью.

Титрующий раствор часто называют рабочим раствором или титрантом. Например, если кислота титруется щелочью, раствор щелочи называется титрантом.

Момент титрования, когда количество прибавленного титранта химически эквивалентно количеству титруемого вещества, называется точкой эквивалентности (стехиометричности).

В титриметрическом анализе может быть использована не любая химическая реакция. Реакции, применяемые в титриметрии, должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- 1) реакция должна протекать количественно, т.е. константа равновесия реакции должна быть достаточно велика;
- 2) реакция должна протекать с большой скоростью;
- 3) реакция не должна осложняться протеканием побочных процессов;
- 4) должен существовать способ определения окончания реакции.

Если реакция не удовлетворяет, хотя бы одному из этих требований, она не может быть использована в титриметрическом анализе [10].

Титриметрический анализ в свою очередь подразделяется на несколько методов.

Комплексометрический метод основан на реакции образования прочных, хорошо растворимых в воде внутрикомплексных соединений ионов металлов с аминополикарбоновыми кислотами и их солями, получившими общее название комплексонов. Из многочисленных аминополикарбоновых

кислот наибольшее аналитическое применение нашел комплекс – трилон Б. Данный метод нами был применен для определения жесткости воды [1].

Жесткость воды обуславливается наличием в ней ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} . Для большинства производств жесткость воды является основным показателем ее качества. При работе паровых котлов в жесткой воде на внутренней поверхности стенок образуется накипь, уменьшающая их теплопроводность и понижающая коэффициент полезного действия установки. Это приводит к ускоренной коррозии, в результате чего это может привести к взрыву установки. Прочная, пористая, малотеплопроводная накипь образуется при содержании в воде гидрокарбонатов и сульфата кальция. Использование для промышленных нужд природных вод возможно только после предварительной очистки, которая состоит в устранении их жесткости, опреснении воды. В каждом отдельном случае необходимо учитывать характер возможного воздействия природных вод. Для этого необходимо знать ее важнейшую характеристику – жесткость. В России для измерения жесткости используются градусы жесткости и миллиграмм-эквиваленты на литр (мг-экв/л). По санитарным правилам и нормам (СанПиН 2.1.4.1074–01) жесткость питьевой воды из централизованного источника водоснабжения не должна превышать 7 мг-экв/л (в отдельных случаях 10 мг-экв/л) [9].

Жесткость воды в градусах и миллиграмм-эквивалентах на литр

(По действующему ГОСТу 31865-2012)

Характер воды	Жесткость в мг-экв/л
Очень мягкая	до 1,5
Мягкая	1,5–4
Средней жесткости	4–8
Жесткая	8–12
Очень жесткая	выше 12

Окислительно-восстановительный метод. Перманганатометрия.

Использовали для определения окисляемости талой воды. Под окисляемостью воды понимают способность веществ, содержащихся в воде, реагировать с окислителем, т.е. расход кислорода, пошедшего на окисление органических веществ в 1 л профильтрованной пробы. В качестве

окислителей чаще всего используют хроматы и перманганаты щелочных металлов. Выбирать бихромат следует, когда в водах содержатся трудноокисляемые соединения. Вода считается пригодной для хозяйственно питьевых целей, если окисляемость не превышает 3,0 мг O_2 /л, а для питания паровых котлов 4,0-5,0 мг O_2 /л. Скорость окисления зависит от температуры, концентрации окислителя, кислотности или щелочности среды, природы органических растворителей. Если в качестве окислителя используется $KMnO_4$, то в зависимости от содержания хлорид-ионов, окисляемость определяется либо в кислой среде, либо в щелочной [8].

Осадительный метод. Меркурометрия. Метод основан на реакциях, протекающих с образованием малорастворимого соединения, при этом изменяются концентрации осаждаемых ионов в растворе. Хлориды являются составной частью большинства природных вод. Обнаружение большого количества хлоридов служит показателем загрязнения воды бытовыми сточными и некоторыми промышленными водами. Количество и свойство различных солей растворимых в воде, определяют ее качество и пригодность для питания паровых котлов. В присутствии в воде ионов хлора не желательно, потому что они являются активаторами и стимуляторами коррозии, ускоряющими общую коррозию котельного металла. Наличие хлорид-ионов в воде вызывает влияние набухания котловой воды.

Кисотно-основной метод. Метод основан на реакции нейтрализации. Данный метод нами использовался для определения щелочности воды. Под общей щелочностью воды понимают сумму содержащихся в ней анионов гидрокарбонатных, карбонатных, гидратных и др. слабых кислот, реагирующих с соляной или серной кислотой с образованием хлоридов или сульфатов. По щелочности природная воды классифицируется: на 1) $Щ_0 < 2$ мг-экв/дм³, воды с пониженной щелочностью; 2) $Щ_0 > 2$ мг-экв/дм³, воды с повышенной щелочностью. Щелочность котловых вод обусловлена присутствием в них едких щелочей, соды, фосфатов и силикатов, а также гуматов [10].

ГЛАВА II. Экспериментальное определение химического состава талой воды

Для исследования химического состава талой воды, наиболее пригодной для водоподготовки, были выбраны две пробы. Первая – возле проезжей части (в анализе будем ее обозначать проба 1), вторая – на детской площадке (проба 2).

Основным показателем пригодности воды является его химический состав. В своем исследовании мы определили следующие показатели:

1. Жесткость талой воды
2. Содержание сульфат-ионов
3. Содержание хлорид-ионов
4. Щелочность талой воды
5. Окисляемость талой воды
6. Содержание катионов кальция
7. Содержание катионов магния

Результаты анализов приведены в разделе приложение. По проведенным исследованиям, нами были получены следующие результаты.

Жесткость воды. Анализ показал, что обе пробы соответствуют санитарным правилам и нормам жесткости питьевой воды (не должна превышать 7 мг-экв/л). В первой пробе 0,7 ммоль/л, второй – 0,2 ммоль/л. По характеру воды относится к очень мягкой (приложение 1). Расчеты производились по следующей формуле $J_0 = x = \frac{N_{\text{тр.Б}} \cdot V_{\text{тр.Б}} \cdot 1000}{V_{\text{пробы}}} = \frac{0,1 \cdot 0,2 \cdot 1000}{100} = 0,2$, где $V_{\text{тр.Б}}$ - количество израсходованного на титрование 0,1н раствора трилона Б; N- нормальность трилона Б; $V_{\text{пр}}$ - объем пробы, взятой для анализа, мл.

Содержание сульфат ионов. Содержание сульфат-ионов определялось по методике - ГОСТ 31940-2012. Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов [] Санитарная норма содержания сульфатов в питьевой воде (предельно допустимые концентрации) - не более 500 мг/дм³ по СанПиН

2.1.4.1074-01. Анализ показал, что обе пробы соответствуют санитарным правилам и нормам питьевой воды. В первой пробе 212 мг/л, второй – 199 мг/л. (приложение 2)

Содержание хлорид-ионов. Предельно допустимые концентрации хлоридов в питьевой воде по СанПиН 2.1.4.1074-01 - не более 350 мг/л. Анализ показал, что только вторая проба соответствует санитарным правилам и нормам питьевой воды. В первой пробе 354,5 мг/л, второй – 300,0 мг/л. (приложение 3)

$$Cl^- = \frac{(V_1 - V_2) \cdot TN \cdot 1000 \cdot 35,45}{V} = \frac{(0,8 - 0,6) \cdot 0,5 \cdot 1000 \cdot 35,45}{100} = 354,5 \text{ мг/л,}$$
 где Cl^- -концентрация хлорида ионов в анализируемой пробе (мг/л); Т-титр азотнокислой ртути (мг/л); V-анализуемый объем пробы (мл); V_1 -количество азотной ртути, пошедшей на титрование хлоридов (мл); V_2 -поправка на реактивы (мл); объем азотнокислой ртути пошедшей на титрование контрольной пробы; 35,45-эквивалент хлорид-иона; $T=1$ (мг/л), $Cl=10 \cdot a$ (мл/л).

Общая щелочность талой воды. Щелочность приводит к щелочной хрупкости металла. Поэтому, определяя данный показатель, мы узнаем, как проводить водоподготовительную очистку. Анализ показал, что обе пробы не соответствуют санитарным правилам и нормам питьевой воды. В первой пробе 5,73 мг/л, второй – 5,97 мг/л. pH по гигиеническим нормам в пределах 6-9 мг/л (приложение 4).

$$\text{Що} = \frac{N_{\text{к-ты}} \cdot K \cdot V_{\text{к}} \cdot 1000}{V_{\text{пр}}} = \frac{0,1 \cdot 0,7 \cdot 1000}{100} = 5,73 \text{ мг} \cdot \text{экв/дм}^3,$$
 где N-нормальность раствора кислоты; K-поправочный коэффициент номинальной нормальности; $V_{\text{к}}$ -объем кислоты, пошедшей на титрование пробы; $V_{\text{пр}}$ -объем пробы анализируемой воды.

Окисляемость талой воды.
$$O_{\text{к}} = \frac{0,316 \cdot ((A+B) \cdot K_1 - C \cdot K_2) \cdot 1000}{V_{\text{пр}}} =$$

$$\frac{0,316 \cdot ((20+11) - 20 \cdot 1) \cdot 1000}{100} = 34,76,$$
 где A- количество KMnO_4 при кипячении; B - расход KMnO_4 на титрование; C- количество щавелевой кислоты; K_1 и K_2 - поправочные коэффициенты равные 1, $V_{\text{пр}}$ -объем пробы. Анализ показал, что обе пробы соответствуют санитарным правилам и нормам питьевой воды. В первой пробе

3,4 мг/л, второй – 3 мг/л. рН по гигиеническим нормам в пределах 5 мг/л (приложение 5).

Содержание катионов кальция В первой пробе 0,7 мг/л, второй – 0,2 мг/л. (приложение 6)

Содержание катионов магния В первой пробе 0,30 мг/л, второй – 0,25 мг/л. (приложение 7)

Заключение

В результате проведенных исследований нами было установлено, что талые воды подходят для водоподготовительных процессов на ТЭЦ, при условии, что будут проведена дополнительная очистка воды. В нашей первой пробе, в талой воде возле проезжей части было увеличенная концентрация хлоридов. Так для того, чтобы очистить воду от хлоридов, необходимо использовать сорбционные фильтры для очистки воды. С помощью фильтрации воды через засыпку активированного угля или других пористых материалов достигается необходимое качество воды [5]. Для очищения от сульфат-ионов рекомендуется использовать способ очистки сточных вод, основанный на использовании алюминийсодержащего реагента и нейтрализации. Очищенную от SO_4^{2-} воду после отделения от осадка подвергают повторной очистке. Способ обеспечивает более дешевую технологию очистки сточных вод от сульфат-ионов до концентрации ниже 100 мг/дм^3 , регламентируемой ПДК для сброса воды в водоемы [6].

Таким образом, в результате проведенных исследований мы изучили основные методы аналитической химии при водоподготовке на примере изучения химического состава талой воды, как источника сырья для ТЭЦ. Для решения проблемы нами были рассмотрены основные методы аналитической химии применимые при качественном определении состава воды, проведены экспериментальные определения химического состава талой воды и подобраны наиболее эффективные методы для водоподготовки.

Список использованных источников

1. Аналитическая химия: учебник для студ. Учреждений сред. Проф. Образования/[Ю.М. Глубоков, В.А. Головачева, Ю.А. Ефимова и др.]; под ред. А.А. Ищенко. – 6-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 320 с.
2. Воронов Ю.В., Алексеев Е.В., Саломеев В.П., Пугачёв Е.А. Водоотведение: Учебник.- М ИНФРА-М, 2007-415с. – (Среднее профессиональное образование)
3. ГОСТ 31940-2012. Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов - <http://docs.cntd.ru/document/gost-31940-2012>
4. Кедров В.С. Водоснабжение и водоотведение: учеб. для вузов. -2-е изд., перераб. и доп.- М Стройиздат, 2002-336 с., ил.
5. Методы водоподготовки - <http://vodopodgotovka-vodi.ru/vodopodgotovka/metody-vodopodgotovki>
6. Методы анализа степени очистки конденсата на ТЭЦ - <https://xreferat.com/76/1064-1-metody-analiza-stepeni-ochistki-kondensata-na-tec.html>
7. Мещёрский Н.А. Эксплуатация водоподготовительных установок электростанций высокого давления.-2-е изд., перераб.-М Энергоатомиздат, 1984.-408 с
8. Саенко О.Е. Аналитическая химия: учебник для средних специальных учебных заведений/ О.Е. Саенко. - Изд. 3-е., доп. и перераб. - Ростов н/Д: Феникс, 2013
9. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества - <http://ozpp.ru/standard/pravila/sanpin214107401/>
10. ХиМиК – сайт о химии - <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/271.html>

Приложения

Приложение 1

Определение жесткости талой воды

	Проба 1	Проба 2
V(трилона Б), мл	0,7	0,2
V(пробы), мл	100	100
Жесткость, мг-экв/л	0,7	0,2

Приложение 2

Содержание сульфат-ионов

	Проба 1	Проба 2
V(BaCl ₂), мл	100	100
V(пробы), мл	100	100
Сульфат-ионы, мг/л	212	199

Приложение 3

Содержание хлорид-ионов

	Проба 1	Проба 2
V(HgNO ₃), мл	1,5	1,0
V(пробы), мл	100	100
Хлорид-ионы, мг/л	354,5	300,0

Приложение 4

Определение общей щелочности

	Проба 1	Проба 2
V(HCl), мл	1,0	0,7
V(пробы), мл	100	100
Щелочность, мг/л	5,73	5,97

Приложение 5

Определение окисляемости талой воды

	Проба 1	Проба 2
V(H ₂ SO ₄), мл	5	5
V(KMnO ₄), мл	20	20
V(H ₂ C ₂ O ₄), мл	20	20
V(пробы), мл	100	100
окисляемость, мг/л	3,4	3,0

Приложение 6

Содержание иона кальция

	Проба 1	Проба 2
V(трилона Б), мл	0,7	0,2
V(пробы), мл	100	100
С, мг/л	0,7	0,2

Приложение 7

Содержание иона магния

	Проба 1	Проба 2
V(АБС-2), мл	5	5
V(оксалат аммония), мл	5	5
V(пробы), мл	100	100
С, мг/л	0,3	0,25