

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ж У Р Н А Л
лабораторных работ
по дисциплине «Технология водоподготовки
и спецводоочистки на атомных станциях»

студента _____ класса

(фамилия, инициалы)

Часть 2. Методы водоподготовки.
Химический контроль

Севастополь
СевГУ
2022

УДК [628.16:621.311.25](076.5)
ББК 31.46я73
Ж92

Составители : Т.Н. Замыслова, О.В. Ведищева, А.В. Блохинова

Ж92 Журнал лабораторных работ по дисциплине «Технология водоподготовки и спецводоочистки на атомных станциях» : [в 2-х частях]. Ч. 2. Методы водоподготовки. Химический контроль / Севастопольский государственный университет, Институт ядерной энергии и промышленности; сост.: Т.Н. Замыслова, О.В. Ведищева, А.В. Блохинова. – Севастополь : СевГУ, 2022. – 107 с. – Текст : электронный.

УДК [628.16:621.311.25](076.5)
ББК 31.46я73

ОБЩИЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

1. Все работы с ядовитыми или неприятно пахнущими веществами проводить в вытяжном шкафу.
2. Выделяющиеся газы можно нюхать, направляя ток воздуха с газом от прибора к себе движением руки.
3. При разбавлении концентрированных кислот наливать кислоту в воду.
4. Не зажигать никаких газов или паров без предварительного испытания на отсутствие в приборе с газом воздуха.
5. Не проводить опыты со взрывчатыми и огнеопасными веществами на общих лабораторных столах.
6. Не тушить водой бензин, эфир, бензол. Горящие, не растворимые в воде органические вещества тушат чистым сухим песком или накрывают асбестом.
7. При ожогах пламенем или нагретым предметом обожженное место смочить крепким раствором перманганата калия KMnO_4 .
8. При попадании капель жидкости на тело смыть жидкость водой и вытереть кожу полотенцем. Капли концентрированной кислоты смыть сильной струей воды, а затем пораженное место промыть 3-5%-м раствором бикарбоната натрия NaHCO_3 . Если попала на кожу щелочь, то смывать ее до тех пор, пока пораженный участок перестанет быть скользким.
9. При всех несчастных случаях обращаться к преподавателю или лаборанту.
10. При работе с химическими реактивами следует помнить:
 - реактивы общего пользования нельзя уносить на свое рабочее место;
 - после взятия реактива из банки (склянки), последнюю немедленно закрыть пробкой и поставить на место;
 - излишек реактива нельзя ссыпать (сливать) обратно в общую банку;
 - без разрешения преподавателя (лаборанта) нельзя проводить каких-либо опытов с неизвестными веществами.
11. По окончании занятий, перед уходом из лаборатории, следует привести в порядок свое рабочее место.

Правила изучил и обязуюсь выполнять

Студент _____

« ____ » _____ 20 ____ г.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ О ПОРЯДКЕ ВЫПОЛНЕНИЯ, ОФОРМЛЕНИЯ И СДАЧИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. При подготовке к лабораторному занятию необходимо:
 - проработать теоретический материал, знание которого необходимо для сознательного выполнения лабораторной работы;
 - ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы;
 - внести в журнал перечень применяемых реактивов и оборудования; привести уравнения реакций, ход проведения эксперимента.
2. Перед выполнением эксперимента студенты получают допуск, отвечая на вопросы по теме работы.
3. После проведения экспериментальной части в журнал вносят наблюдения, результаты, расчеты, делают выводы.
4. После оформления отчета студенты сдают зачет преподавателю на занятии.
5. Студенты, отсутствовавшие во время выполнения работы в часы классных занятий, должны выполнить ее в дни и часы, отведенные для этого кафедрой и подписать полученные результаты у дежурного лаборанта.
6. Писать в лабораторном журнале необходимо только ручкой.
7. Каждая выполненная работа должна быть подписана лаборантом и принята преподавателем.
8. Работая в химической лаборатории, следует выполнять правила техники безопасности.

МЕТОДЫ ВОДОПОДГОТОВКИ
ОБРАБОТКА ВОДЫ МЕТОДОМ ИЗВЕСТКОВАНИЯ

Работа № 1

Определение концентрации известкового молока

**Опыт 1. Определение содержания основного вещества
(оксида кальция) в кальциевой извести**

Цель работы

Реактивы и оборудование

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Ход работы

Таблица 1. Результаты титрования

№ опыта	$m_{\text{навески}}, \text{ г}$	$V_{\text{титранта}}, \text{ мл}$
1		
2		
3		

Расчет

$$\omega_{\text{CaO}} = \frac{V_{\text{HCl}} \cdot T_{\text{HCl/CaO}} \cdot 100}{m_{\text{навески}}}$$

$V_{\text{HCl}} -$

$T_{\text{HCl/CaO}} -$

$m_{\text{навески}} -$

$\omega_1 =$

$\omega_2 =$

$\omega_3 =$

Таблица 2. Статистическая обработка результатов анализа

Опыт	ω_i	$\bar{\omega}$	$\omega_i - \bar{\omega}$	$(\omega_i - \bar{\omega})^2$	S	$S_{\bar{\omega}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\bar{\omega} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{\omega}_i}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\omega_i - \bar{\omega})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\omega_i - \bar{\omega})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\bar{\omega}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\bar{\omega}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_p \cdot 100}{\bar{\omega}}, \% =$$

Вывод

Работа выполнена « ____ » _____ 20 ____ г.

Опыт 2. Приготовление раствора известкового молока и определение его концентрации

Цель работы

Реактивы и оборудование

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Ход работы

Расчет навески CaO

Таблица 1. Результаты титрования

№ опыта	V _{пробы} , мл	V _{титранта} , мл
1		
2		
3		

Расчет

$$C_{\% \text{ CaO}} = \frac{V_{\text{HCl}} \cdot C_{\text{HCl}} \cdot M_{\text{eq CaO}}}{V_{\text{пробы}} \cdot 10}$$

V_{HCl} –

C_{HCl} –

M_{eq CaO} –

ρ –

V_{пробы} –

C_{% 1} =

C_{% 1} =

C_{% 1} =

Таблица 2. Статистическая обработка результатов анализа

Опыт	$C_{\%i}$	$\bar{C}_{\%}$	$C_{\%i} - \bar{C}_{\%}$	$(C_{\%i} - \bar{C}_{\%})^2$	S	$S_{\bar{C}_{\%}}$	ε_P	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\bar{C}_{\%} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{\%i}}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{\%i} - \bar{C}_{\%})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_{\%i} - \bar{C}_{\%})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\bar{C}_{\%}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$\varepsilon_P = t_{P,f} \cdot S_{\bar{C}_{\%}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_P \cdot 100}{\bar{C}_{\%}}, \% =$$

Вывод

Работа выполнена « ____ » _____ 20 ____ г.

ОБРАБОТКА ВОДЫ МЕТОДОМ КОАГУЛЯЦИИ

Работа № 2

Определение содержания хлорида железа в коагулянте

Цель работы

Реактивы и оборудование

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.

Ход работы

Таблица 1. Результаты титрования

№ опыта	m _{навески} , г	V _{титранта} , мл
1		
2		
3		

Расчет

$$\omega_{\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = \frac{(V - V_1) \cdot T_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} / \text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} \cdot 100}{m_{\text{навески}}}$$

V –

V₁ –

T_{Na₂S₂O₃·5H₂O/FeCl₃·6H₂O} –

m_{навески} –

ω₁ =

ω₂ =

ω₃ =

Таблица 2. Статистическая обработка результатов анализа

Опыт	ω_i	$\bar{\omega}$	$\omega_i - \bar{\omega}$	$(\omega_i - \bar{\omega})^2$	S	$S_{\bar{\omega}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\bar{\omega} = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\omega_i - \bar{\omega})^2}{n - 1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\omega_i - \bar{\omega})^2}{n - 1}} =$$

$$S_{\bar{\omega}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\bar{\omega}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_p \cdot 100}{\bar{\omega}}, \% =$$

Вывод

Работа выполнена « ____ » _____ 20 ____ г.

Работа № 3

Проведение пробной коагуляции природной воды

Цель работы

Реактивы и оборудование

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.
- 10.

Ход работы

Таблица 1. Результаты титрования при определении общей щелочности исходной воды

№ опыта	V _{пробы} , мл	Объем HCl при титровании с фенолфталеином (V _{ф/ф}), мл	Объем HCl при титровании с ализариновым красным (V _{а/к}), мл	Общий объем HCl, мл V _т = V _{ф/ф} + V _{а/к}
1				
2				
3				

Таблица 2. Результаты титрования при определении общей щелочности осветленной воды

№ опыта	V _{пробы} , мл	Объем HCl при титровании с фенолфталеином (V _{ф/ф}), мл	Объем HCl при титровании с ализариновым красным (V _{а/к}), мл	Общий объем HCl, мл V _т = V _{ф/ф} + V _{а/к}
1				
2				
3				

Расчет общей щелочности

$$\text{Щ}_o = \frac{V_t \cdot C_H \cdot 1000}{V_{\text{пробы}}}$$

V_т —

C_н —

V_{пробы} —

Расчет общей щелочности исходной воды

$$\text{Щ}_{\text{Оисх1}} =$$

$$\text{Щ}_{\text{Оисх2}} =$$

$$\text{Щ}_{\text{Оисх3}} =$$

Таблица 3. Статистическая обработка результатов анализа общей щелочности исходной воды

Опыт	Щ_i	$\overline{\text{Щ}}$	$\text{Щ}_i - \overline{\text{Щ}}$	$(\text{Щ}_i - \overline{\text{Щ}})^2$	S	$S_{\overline{\text{Щ}}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{\text{Щ}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Щ}_i}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Щ}_i - \overline{\text{Щ}})^2}{n - 1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Щ}_i - \overline{\text{Щ}})^2}{n - 1}} =$$

$$S_{\overline{\text{Щ}}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\overline{\text{Щ}}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_p \cdot 100}{\overline{\text{Щ}}}, \% =$$

Расчет общей щелочности осветленной воды

$$\text{Щ}_{\text{Оосв1}} =$$

$$\text{Щ}_{\text{Оосв2}} =$$

$$\text{Щ}_{\text{Оосв3}} =$$

Таблица 4. Статистическая обработка результатов анализа общей щелочности осветленной воды

Опыт	Щ _i	$\overline{\text{Щ}}$	Щ _i – $\overline{\text{Щ}}$	(Щ _i – $\overline{\text{Щ}}$) ²	S	S $_{\overline{\text{Щ}}}$	ε _p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{\text{Щ}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Щ}_i}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\Pi_i - \overline{\Pi})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Pi_i - \overline{\Pi})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{\Pi}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_P = t_{P,f} \cdot S_{\overline{\Pi}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_P \cdot 100}{\overline{\Pi}}, \% =$$

Расчет дозы коагулянта

$$d_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = (\Pi_{\text{исх}} - \Pi_{\text{осв}}) \cdot 113, \text{ мг/л}$$

$$\Pi_{\text{исх}} -$$

$$\Pi_{\text{осв}} -$$

$$113 -$$

$$d_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} =$$

Расчет добавки щелочи $\Pi_{\text{д}}$ или кислоты $K_{\text{д}}$

$$\Pi_{\text{д}} = \Pi_{\text{min}} - \Pi_{\text{исх}}$$

$$K_{\text{д}} = \Pi_{\text{исх}} - \Pi_{\text{min}}$$

$$\Pi_{\text{min}} = \frac{d_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}}{113} + 0,4$$

$$\Pi_{\text{min}} =$$

$$\Pi_{\text{д}} (K_{\text{д}}) =$$

Расчет погрешности определения дозы коагулянта

$$\Delta d_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = \pm 113 \cdot \sqrt{\Delta \Pi_{\text{исх}}^2 + \Delta \Pi_{\text{осв}}^2}$$

$$\Delta d_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} =$$

Расчет погрешности определения Π_{min}

$$\Delta \Pi_{\text{min}} = \sqrt{\Delta \Pi_{\text{исх}}^2 + \Delta \Pi_{\text{осв}}^2}$$

$$\Delta \Pi_{\text{min}} =$$

Расчет погрешности определения добавок щелочи или кислоты в исходную воду при коагуляции

$$\Delta_d = \sqrt{2 \cdot \Delta_{\text{Щ}_{\text{исх}}}^2 + \Delta_{\text{Щ}_{\text{осв}}}^2}$$

$\Delta_d =$

Таблица 5. Результаты определений при проведении пробной коагуляции

Определяемая величина		Погрешность	
Наименование, обозначение, размерность	Численное значение	Обозначение, размерность	Численное значение
Общая щелочность исходной воды $\text{Щ}_{\text{исх}}$, мг-экв/л		$\Delta \text{Щ}_{\text{исх}}$, мг-экв/л	
Общая щелочность осветленной воды $\text{Щ}_{\text{осв}}$, мг-экв/л		$\Delta \text{Щ}_{\text{осв}}$, мг-экв/л	
Доза коагулянта $d_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}$, мг/л		$\Delta d_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}$, мг/л	
Минимальная щелочность Щ_{min} , мг-экв/л		$\Delta \text{Щ}_{\text{min}}$, мг-экв/л	
Добавка щелочи (кислоты) $\text{Щ}_d (\text{K}_d)$, мг-экв/л		$\Delta \text{Щ}_d (\Delta \text{K}_d)$, мг-экв/л	

Вывод

Работа выполнена « ____ » _____ 20 ____ г.

ОБРАБОТКА ВОДЫ МЕТОДОМ ИОННОГО ОБМЕНА

Работа № 4

Определение некоторых физико-механических свойств ионитов

Цель работы

Опыт 1. Определение типа смолы

Реактивы и оборудование

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.

Ход работы и наблюдения

№	Описание выполняемой операции	Наблюдения

№	Описание выполняемой операции	Наблюдения

Вывод

Опыт 2. Определение удельного объема ионита

Реактивы и оборудование

- 1.
- 2.
- 3.

Ход работы

Таблица 1. Результаты определений

№ опыта	$m_{\text{навески}}, \text{ г}$	$V_{\text{ионита}}, \text{ см}^3$
1		
2		
3		

Расчеты

$$V_{\text{уд}} = \frac{V \cdot 100}{m \cdot (100 - W)}$$

V –

m –

W –

$$V_{уд1} =$$

$$V_{уд1} =$$

$$V_{уд1} =$$

Таблица 2. Статистическая обработка результатов анализа

Опыт	$V_{удi}$	$\bar{V}_{уд}$	$V_{удi} - \bar{V}_{уд}$	$(V_{удi} - \bar{V}_{уд})^2$	S	$S\bar{V}_{уд}$	ϵ_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\bar{V}_{уд} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{удi}}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (V_{удi} - \bar{V}_{уд})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{удi} - \bar{V}_{уд})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\bar{V}_{уд}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\bar{V}_{уд}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_p \cdot 100}{\bar{V}_{уд}}, \% =$$

Вывод

Опыт 3. Определение массовой доли влаги в ионите

Реактивы и оборудование

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Ход работы

Таблица 1. Результаты определений

№ опыта	$m_{\text{навески}}, \text{ г}$	$V_{\text{ионита}}, \text{ см}^3$
1		
2		
3		

Расчеты

$$W = \frac{m - m_1}{m_2} \cdot 100$$

m –

m_1 –

m_2 –

$W_1 =$

$W_2 =$

$W_3 =$

Таблица 2. Статистическая обработка результатов анализа

Опыт	W_i	$\bar{W}$	$W_i - \bar{W}$	$(W_i - \bar{W})^2$	S	$S_{\bar{W}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{W} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (W_i - \overline{W})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (W_i - \overline{W})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{W}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_P = t_{P,f} \cdot S_{\overline{W}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_P \cdot 100}{\overline{W}}, \% =$$

Вывод

Работа выполнена «_____» _____ 20__ г.

Работа № 5

Определение динамической обменной емкости и полной динамической обменной емкости катионита

Цель работы

Реактивы и оборудование

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.
- 10.
- 11.
- 12.
- 13.

Ход работы

Результаты определения объема раствора до проскока

$V_{\text{проскок}} =$

Таблица 1. Результаты титрования при определении содержания ионов меди в исходном растворе

№ опыта	$V_{\text{аликвоты}}, \text{ мл}$	$V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}, \text{ мл}$	$V_{\text{ср. Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}, \text{ мл}$
1			
2			
3			

Таблица 2. Результаты титрования при определении содержания ионов меди в фильтрате

№ опыта	V _{аликвоты} , мл	V _{Na₂S₂O₃} , мл
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

Расчет концентрации ионов меди

$$C_{Cu^{2+}} = \frac{C_{HNa_2S_2O_3} \cdot V_{Na_2S_2O_3} \cdot 1000}{V_{аликвоты}}$$

C_{HNa₂S₂O₃} —

V_{Na₂S₂O₃} —

V_{аликвоты} —

1000 —

Расчет концентрации ионов меди в исходном растворе

C_{исхCu²⁺} =

Расчет концентрации ионов меди в фильтрате

$$C_{1\text{Cu}^{2+}}=$$

$$C_{2\text{Cu}^{2+}}=$$

$$C_{3\text{Cu}^{2+}}=$$

$$C_{4\text{Cu}^{2+}}=$$

$$C_{5\text{Cu}^{2+}}=$$

$$C_{6\text{Cu}^{2+}}=$$

$$C_{7\text{Cu}^{2+}}=$$

Выходная хроматограмма

Расчет ДОЕ и ПДОЕ

$$\text{ДОЕ} = \frac{C \cdot V_{\text{проскок}}}{V_{\text{ионита}}}$$

C –

$V_{\text{проскок}}$ –

$V_{\text{ионита}}$ –

$$\text{ПДОЕ} = \frac{C \cdot V_{\text{полный}}}{V_{\text{ионита}}}$$

C –

$V_{\text{полный}}$ –

$V_{\text{ионита}}$ –

$$V_{\text{ионита}} = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

π –

r –

h –

$V_{\text{ионита}} =$

ДОЕ =

ПДОЕ =

Вывод

Работа выполнена « ____ » _____ 20 ____ г.

Работа № 6

Изучение изменения состава воды при обработке ее различными методами

Цель работы

Состав установки

Определение мутности

Реактивы и оборудование

1.

2.

Порядок определения мутности

Таблица 1. Результаты измерений мутности

№ п/п	Место отбора пробы	Мутность, FTU
1	Исходная вода	
2	Вода после механической очистки	
3	Вода после умягчителя	
4	Вода после кондиционера	
5	Вода после предфильтра	
6	Пермеат	

Определение концентрации хлорид-ионов

Реактивы и оборудование:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Порядок определения концентрации хлорид-ионов

Таблица 2. Результаты измерений концентрации хлорид-ионов

№ п/п	Место отбора пробы	C_{Cl^-} , моль/дм ³	C_{Cl^-} , мг/дм ³
1	Исходная вода		
2	Вода после механической очистки		
3	Вода после умягчителя		
4	Вода после кондиционера		
5	Вода после предфильтра		
6	Пермеат		

Определение общей жесткости, содержания ионов кальция и магния

Реактивы и оборудование:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.

Ход работы

Таблица 3. Результаты титрования

№ опыта	$V_{\text{аликвоты}}, \text{ мл}$	$V_{\text{Тр.Б}}^{\text{общ}}, \text{ мл}$	$V_{\text{Тр.Б}}^{\text{Ca}}, \text{ мл}$
Исходная вода			
1			
2			
3			
Вода после механической очистки			
1			
2			
3			
Вода после умягчителя			
1			
2			
3			
Вода после кондиционера			
1			
2			
3			
Вода после предфильтра			
1			
2			
3			
Пермеат			

Расчеты

Общая жесткость воды

$$Ж_{\text{общ}} = \frac{V_{\text{Тр.Б}}^{\text{общ}} \cdot C_{\text{нТр.Б}} \cdot 1000}{V_{\text{аликвоты}}}, \text{ мг-экв/дм}^3$$

$V_{\text{Тр.Б}}^{\text{общ}}$ —

$C_{\text{нТр.Б}}$ —

$V_{\text{аликвоты}}$ —

Содержание ионов кальция

$$P_{\text{Ca}} = \frac{V_{\text{Тр.Б}}^{\text{Ca}} \cdot C_{\text{нТр.Б}} \cdot \mathcal{E}_{\text{Ca}} \cdot 1000}{V_{\text{аликвоты}}}, \text{ мг/дм}^3$$

$V_{\text{Тр.Б}}^{\text{Ca}}$ —

$C_{\text{нТр.Б}}$ —

$V_{\text{аликвоты}}$ —

$\mathcal{E}_{\text{Ca}}$ —

Содержание ионов магния

$$P_{\text{Mg}} = \frac{(V_{\text{тр.Б}}^{\text{общ}} - V_{\text{тр.Б}}^{\text{Ca}}) \cdot C_{\text{нТр.Б}} \cdot \mathcal{E}_{\text{Mg}} \cdot 1000}{V_{\text{аликвоты}}}, \text{ мг/дм}^3$$

$V_{\text{Тр.Б}}^{\text{общ}}$ —

$V_{\text{Тр.Б}}^{\text{Ca}}$ —

$$C_{\text{нТр.Б}} -$$

$$V_{\text{аликвоты}} -$$

$$\mathfrak{E}_{\text{Mg}} -$$

$$\mathfrak{E}_{\text{Ca}} =$$

$$\mathfrak{E}_{\text{Mg}} =$$

Исходная вода

$$Ж_{\text{общ1}} =$$

$$Ж_{\text{общ2}} =$$

$$Ж_{\text{общ3}} =$$

$$P_{\text{Ca1}} =$$

$$P_{\text{Ca2}} =$$

$$P_{\text{Ca3}} =$$

$$P_{Mg1} =$$

$$P_{Mg2} =$$

$$P_{Mg3} =$$

Статистическая обработка результатов анализа исходной воды

Таблица 4. Статистическая обработка результатов анализа
(общая жесткость)

ОПЫТ	$J_{общ\ i}$	$\overline{J_{общ}}$	$J_{общ\ i} - \overline{J_{общ}}$	$(J_{общ\ i} - \overline{J_{общ}})^2$	S	$S_{\overline{J_{общ}}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{J_{общ}} = \frac{\sum_{i=1}^n J_{общ\ i}}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (J_{общ\ i} - \overline{J_{общ}})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (J_{общ\ i} - \overline{J_{общ}})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{Ж_{общ}}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\overline{Ж_{общ}}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_p \cdot 100}{\overline{Ж_{общ}}}, \% =$$

**Таблица 5. Статистическая обработка результатов анализа
(содержание ионов кальция)**

ОПЫТ	$P_{Ca\ i}$	$\overline{P_{Ca}}$	$P_{Ca\ i} - \overline{P_{Ca}}$	$(P_{Ca\ i} - \overline{P_{Ca}})^2$	S	$S_{\overline{P_{Ca}}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{P_{Ca}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Ca_i}}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{P_{Ca}}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_P = t_{P,f} \cdot S_{\overline{P_{Ca}}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_P \cdot 100}{\overline{P_{Ca}}}, \% =$$

**Таблица 6. Статистическая обработка результатов анализа
(содержание ионов магния)**

ОПЫТ	$P_{Mg\ i}$	$\overline{P_{Mg}}$	$P_{Mg\ i} - \overline{P_{Mg}}$	$(P_{Mg\ i} - \overline{P_{Mg}})^2$	S	$S_{\overline{P_{Mg}}}$	ε_P	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{P_{Mg}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Mg_i}}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{Mg_i} - \overline{P_{Mg}})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{Mg_i} - \overline{P_{Mg}})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{P_{Mg}}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_P = t_{P,f} \cdot S_{\overline{P_{Mg}}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_P \cdot 100}{\overline{P_{Mg}}}, \% =$$

Вода после механической очистки

$$Ж_{общ1} =$$

$$Ж_{общ2} =$$

$$Ж_{общ3} =$$

$$P_{Ca1} =$$

$$P_{Ca2} =$$

$$P_{Ca3} =$$

$$P_{Mg1} =$$

$$P_{Mg2} =$$

$$P_{Mg3} =$$

**Статистическая обработка результатов анализа воды
после механической очистки**

**Таблица 7. Статистическая обработка результатов анализа
(общая жесткость)**

ОПЫТ	$J_{общ\ i}$	$\overline{J_{общ}}$	$J_{общ\ i} - \overline{J_{общ}}$	$(J_{общ\ i} - \overline{J_{общ}})^2$	S	$S_{\overline{J_{общ}}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{J_{общ}} = \frac{\sum_{i=1}^n J_{общ\ i}}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (J_{общ\ i} - \overline{J_{общ}})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (J_{общ\ i} - \overline{J_{общ}})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{J_{общ}}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\overline{X}_{\text{общ}}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_p \cdot 100}{\overline{X}_{\text{общ}}}, \% =$$

**Таблица 8. Статистическая обработка результатов анализа
(содержание ионов кальция)**

ОПЫТ	P_{Ca_i}	$\overline{P_{Ca}}$	$P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}}$	$(P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}})^2$	S	$S_{\overline{P_{Ca}}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{P_{Ca}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Ca_i}}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{P_{Ca}}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_P = t_{P,f} \cdot S_{\overline{P_{Ca}}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_P \cdot 100}{\overline{P_{Ca}}}, \% =$$

**Таблица 9. Статистическая обработка результатов анализа
(содержание ионов магния)**

ОПЫТ	$P_{Mg\ i}$	$\overline{P_{Mg}}$	$P_{Mg\ i} - \overline{P_{Mg}}$	$(P_{Mg\ i} - \overline{P_{Mg}})^2$	S	$S_{\overline{P_{Mg}}}$	ε_P	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{P_{Mg}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Mg_i}}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{Mg_i} - \overline{P_{Mg}})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{Mg_i} - \overline{P_{Mg}})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{P_{Mg}}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_P = t_{P,f} \cdot S_{\overline{P_{Mg}}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_p \cdot 100}{P_{Mg}}, \% =$$

Вода после умягчителя

$$Ж_{общ1} =$$

$$Ж_{общ2} =$$

$$Ж_{общ3} =$$

$$P_{Ca1} =$$

$$P_{Ca2} =$$

$$P_{Ca3} =$$

$$P_{Mg1} =$$

$$P_{Mg2} =$$

$$P_{Mg3} =$$

**Статистическая обработка результатов анализа воды
после умягчителя**

**Таблица 10. Статистическая обработка результатов анализа
(общая жесткость)**

ОПЫТ	$J_{\text{общ } i}$	$\overline{J_{\text{общ}}}$	$J_{\text{общ } i} - \overline{J_{\text{общ}}}$	$(J_{\text{общ } i} - \overline{J_{\text{общ}}})^2$	S	$S_{\overline{J_{\text{общ}}}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{J_{\text{общ}}} = \frac{\sum_{i=1}^n J_{\text{общ } i}}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (J_{\text{общ } i} - \overline{J_{\text{общ}}})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (J_{\text{общ } i} - \overline{J_{\text{общ}}})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{J_{\text{общ}}}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\overline{J_{\text{общ}}}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_p \cdot 100}{\bar{X}_{\text{общ}}}, \% =$$

**Таблица 11. Статистическая обработка результатов анализа
(содержание ионов кальция)**

Опыт	P_{Ca_i}	$\overline{P_{Ca}}$	$P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}}$	$(P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}})^2$	S	$S_{\overline{P_{Ca}}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{P_{Ca}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Ca_i}}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{P_{Ca}}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\overline{P_{Ca}}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_p \cdot 100}{P_{Ca}}, \% =$$

Таблица 12. Статистическая обработка результатов анализа
(содержание ионов магния)

Опыт	$P_{Mg\ i}$	$\overline{P_{Mg}}$	$P_{Mg\ i} - \overline{P_{Mg}}$	$(P_{Mg\ i} - \overline{P_{Mg}})^2$	S	$S_{\overline{P_{Mg}}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{P_{Mg}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Mg\ i}}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{Mg\ i} - \overline{P_{Mg}})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{Mg\ i} - \overline{P_{Mg}})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{P_{Mg}}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\overline{P_{Mg}}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_P \cdot 100}{P_{Mg}}, \% =$$

Вода после кондиционера

$$Ж_{общ1} =$$

$$Ж_{общ2} =$$

$$Ж_{общ3} =$$

$$P_{Ca1} =$$

$$P_{Ca2} =$$

$$P_{Ca3} =$$

$$P_{Mg1} =$$

$$P_{Mg2} =$$

$$P_{Mg3} =$$

**Статистическая обработка результатов анализа воды
после кондиционера**

**Таблица 13. Статистическая обработка результатов анализа
(общая жесткость)**

ОПЫТ	$J_{\text{общ } i}$	$\overline{J_{\text{общ}}}$	$J_{\text{общ } i} - \overline{J_{\text{общ}}}$	$(J_{\text{общ } i} - \overline{J_{\text{общ}}})^2$	S	$S_{\overline{J_{\text{общ}}}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{J_{\text{общ}}} = \frac{\sum_{i=1}^n J_{\text{общ } i}}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (J_{\text{общ } i} - \overline{J_{\text{общ}}})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (J_{\text{общ } i} - \overline{J_{\text{общ}}})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{J_{\text{общ}}}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\overline{J_{\text{общ}}}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_p \cdot 100}{\bar{X}_{\text{общ}}}, \% =$$

**Таблица 14. Статистическая обработка результатов анализа
(содержание ионов кальция)**

Опыт	P_{Ca_i}	$\overline{P_{Ca}}$	$P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}}$	$(P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}})^2$	S	$S_{\overline{P_{Ca}}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{P_{Ca}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Ca_i}}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{P_{Ca}}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\overline{P_{Ca}}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_p \cdot 100}{P_{Ca}}, \% =$$

Таблица 15. Статистическая обработка результатов анализа
(содержание ионов магния)

Опыт	$P_{Mg\ i}$	$\overline{P_{Mg}}$	$P_{Mg\ i} - \overline{P_{Mg}}$	$(P_{Mg\ i} - \overline{P_{Mg}})^2$	S	$S_{\overline{P_{Mg}}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{P_{Mg}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Mg\ i}}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{Mg\ i} - \overline{P_{Mg}})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{Mg\ i} - \overline{P_{Mg}})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{P_{Mg}}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\overline{P_{Mg}}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_P \cdot 100}{P_{Mg}}, \% =$$

Вода после предфильтра

$$Ж_{общ1} =$$

$$Ж_{общ2} =$$

$$Ж_{общ3} =$$

$$P_{Ca1} =$$

$$P_{Ca2} =$$

$$P_{Ca3} =$$

$$P_{Mg1} =$$

$$P_{Mg2} =$$

$$P_{Mg3} =$$

**Статистическая обработка результатов анализа воды
после префильтра**

**Таблица 16. Статистическая обработка результатов анализа
(общая жесткость)**

ОПЫТ	$J_{\text{общ } i}$	$\overline{J_{\text{общ}}}$	$J_{\text{общ } i} - \overline{J_{\text{общ}}}$	$(J_{\text{общ } i} - \overline{J_{\text{общ}}})^2$	S	$S_{\overline{J_{\text{общ}}}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{J_{\text{общ}}} = \frac{\sum_{i=1}^n J_{\text{общ } i}}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (J_{\text{общ } i} - \overline{J_{\text{общ}}})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (J_{\text{общ } i} - \overline{J_{\text{общ}}})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{J_{\text{общ}}}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\overline{J_{\text{общ}}}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_p \cdot 100}{\bar{X}_{\text{общ}}}, \% =$$

**Таблица 17. Статистическая обработка результатов анализа
(содержание ионов кальция)**

ОПЫТ	P_{Ca_i}	$\overline{P_{Ca}}$	$P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}}$	$(P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}})^2$	S	$S_{\overline{P_{Ca}}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{P_{Ca}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Ca_i}}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{P_{Ca}}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\overline{P_{Ca}}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_p \cdot 100}{P_{Ca}}, \% =$$

Таблица 18. Статистическая обработка результатов анализа
(содержание ионов магния)

Опыт	$P_{Mg\ i}$	$\overline{P_{Mg}}$	$P_{Mg\ i} - \overline{P_{Mg}}$	$(P_{Mg\ i} - \overline{P_{Mg}})^2$	S	$S_{\overline{P_{Mg}}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{P_{Mg}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Mg\ i}}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{Mg\ i} - \overline{P_{Mg}})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{Mg\ i} - \overline{P_{Mg}})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{P_{Mg}}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\overline{P_{Mg}}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_P \cdot 100}{P_{Mg}}, \% =$$

Пермеат

$$\mathcal{K}_{общ1} =$$

$$\mathcal{K}_{общ2} =$$

$$\mathcal{K}_{общ3} =$$

$$P_{Ca1} =$$

$$P_{Ca2} =$$

$$P_{Ca3} =$$

$$P_{Mg1} =$$

$$P_{Mg2} =$$

$$P_{Mg3} =$$

Статистическая обработка результатов анализа пермеата

**Таблица 19. Статистическая обработка результатов анализа
(общая жесткость)**

ОПЫТ	$J_{\text{общ } i}$	$\overline{J_{\text{общ}}}$	$J_{\text{общ } i} - \overline{J_{\text{общ}}}$	$(J_{\text{общ } i} - \overline{J_{\text{общ}}})^2$	S	$S_{\overline{J_{\text{общ}}}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{J_{\text{общ}}} = \frac{\sum_{i=1}^n J_{\text{общ } i}}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (J_{\text{общ } i} - \overline{J_{\text{общ}}})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (J_{\text{общ } i} - \overline{J_{\text{общ}}})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{J_{\text{общ}}}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\overline{J_{\text{общ}}}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_p \cdot 100}{\bar{X}_{\text{общ}}}, \% =$$

**Таблица 20. Статистическая обработка результатов анализа
(содержание ионов кальция)**

Опыт	P_{Ca_i}	$\overline{P_{Ca}}$	$P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}}$	$(P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}})^2$	S	$S_{\overline{P_{Ca}}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{P_{Ca}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Ca_i}}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{Ca_i} - \overline{P_{Ca}})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{P_{Ca}}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\overline{P_{Ca}}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_P \cdot 100}{P_{Ca}}, \% =$$

Таблица 21. Статистическая обработка результатов анализа
(содержание ионов магния)

Опыт	$P_{Mg\ i}$	$\overline{P_{Mg}}$	$P_{Mg\ i} - \overline{P_{Mg}}$	$(P_{Mg\ i} - \overline{P_{Mg}})^2$	S	$S_{\overline{P_{Mg}}}$	ε_P	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{P_{Mg}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Mg\ i}}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{Mg\ i} - \overline{P_{Mg}})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{Mg\ i} - \overline{P_{Mg}})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{P_{Mg}}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_P = t_{P,f} \cdot S_{\overline{P_{Mg}}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_p \cdot 100}{P_{Mg}}, \% =$$

Таблица 22. Результаты измерений

№ п/п	Место отбора пробы	Мутность, NTU	С _{СГ} , мг/дм ³	Ж _{общая} , мг-экв/дм ³	С _{Са} , мг/дм ³	С _{Мg} , мг/дм ³
1	Исходная вода					
2	Вода после меха- нической очистки					
3	Вода после умягчи- теля					
4	Вода после конди- ционера					
5	Вода после пред- фильтра					
6	Пермеат					

Вывод

Работа выполнена « ____ » _____ 20 ____ г.

ОРГАНИЗАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ РЕАГЕНТОВ

Работа № 7

**Определение полной статической обменной емкости ионита.
Определение окисляемости фильтрата**

Цель работы

Определение полной статической обменной емкости ионита

Реактивы и оборудование

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.
- 10.

Ход работы

Масса навески ионита

$m_{\text{ионита}} =$

Таблица 1. Результаты титрования при определении полной статической обменной емкости

№ опыта	V _{аликвоты} , мл	V _{HCl} , мл
1		
2		
3		

Расчеты

Расчет полной статической обменной емкости ионита (ПСОЕ)

$$\text{ПСОЕ} = \frac{(V \cdot K_1 - K \cdot V_1 \cdot K_2) \cdot C \cdot 100}{m(100 - W)}, \text{ мг-экв/г}$$

$$\text{ПСОЕ} = \frac{(V \cdot K_1 - K \cdot V_1 \cdot K_2) \cdot C \cdot 100}{m(100 - W) V_{\text{уд}}}, \text{ мг-экв/см}^3$$

Расчет равновесной статической обменной емкости ионита (РСОЕ)

$$\text{РСОЕ} = \frac{K \cdot V_1 \cdot K_2 \cdot C \cdot 100}{m \cdot (100 - W)}, \text{ мг-экв/г}$$

$$\text{РСОЕ} = \frac{K \cdot V_1 \cdot K_2 \cdot C \cdot 100}{m \cdot (100 - W) \cdot V_{\text{уд}}}, \text{ мг-экв/см}^3$$

V –

K –

V₁ –

m –

W –

$V_{уд} -$

$C -$

$K_1 -$

$K_2 -$

$PCOE =$

$PCOE =$

$PCOE =$

$PCOE =$

Определение окисляемости фильтрата в пересчете на кислород

Реактивы и оборудование

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.

9.

10.

11.

Ход работы

**Таблица 2. Результаты титрования при определении окисляемости
фильтрата**

№ опыта	$V_{\text{пробы}}$, мл	V_{KMnO_4}, мл
1		
2		
3		

Таблица 3. Результаты титрования при проведении контрольного опыта

№ опыта	V _{пробы} , мл	V _{KMnO₄} , мл
1		
2		
3		

Расчеты

$$O_K = \frac{K \cdot (V - V_1) \cdot 0,08 \cdot 100}{m \cdot (100 - W)}$$

V –

K –

V₁ –

m –

W –

O_K =

Вывод:

Работа выполнена « ____ » _____ 20 ____ г.

Работа № 8

Определение массовой доли калия гидроокиси

Цель работы

Реактивы и оборудование

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Ход работы

Масса навески

m =

Таблица 1. Результаты титрования

№ опыта	V _{аликвоты} , мл	V _{1н HCl} ^{ф/ф} , мл	V _{0,1н HCl} ^{ф/ф} , мл	V _{0,1н HCl} ^{М/о} , мл
1				
2				
3				

Расчеты

Расчет массовой доли калия гидроокиси

$$W_{\text{KOH}} = \frac{(2V_1 - V_2) \cdot 10 \cdot 0,05611 \cdot 100}{m}, \%$$

Расчет массовой доли калия углекислого

$$W_{\text{K}_2\text{CO}_3} = \frac{2(V_2 - V_1) \cdot 10 \cdot 0,06911 \cdot 100}{m}, \%$$

V₁ –

$$V_1 = V_{1\text{н HCl}}^{\text{ф/ф}} + \frac{V_{0,1\text{н HCl}}^{\text{ф/ф}}}{10}$$

V₂ –

$$V_2 = V_1 + \frac{V_{0,1\text{н HCl}}^{\text{М/о}}}{10}$$

m –

0,05611 –

0,06911 –

10 – коэффициент пересчета на общий объем раствора.

Опыт 1

$V_1 =$

$V_2 =$

$W_{\text{KOH}_1} =$

$W_{\text{K}_2\text{CO}_{3_1}} =$

Опыт 2

$V_1 =$

$V_2 =$

$W_{\text{KOH}_2} =$

$W_{\text{K}_2\text{CO}_{3_2}} =$

Опыт 3

$$V_1 =$$

$$V_2 =$$

$$W_{\text{KOH}_3} =$$

$$W_{\text{K}_2\text{CO}_3} =$$

Таблица 2. Результаты вычислений

№ опыта	V_1 , мл	V_2 , мл	W_{KOH} , %	$W_{\text{K}_2\text{CO}_3}$, %
1				
2				
3				

Таблица 3. Статистическая обработка результатов анализа
(массовая доля калия гидроокиси)

Опыт	W_i	$\bar{W}$	$W_i - \bar{W}$	$(W_i - \bar{W})^2$	S	$S_{\bar{W}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\bar{W} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (W_i - \bar{W})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (W_i - \bar{W})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\bar{W}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\bar{W}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_p \cdot 100}{\bar{W}}, \% =$$

Таблица 4. Статистическая обработка результатов анализа
(массовая доля калия углекислого)

Опыт	W_i	$\bar{W}$	$W_i - \bar{W}$	$(W_i - \bar{W})^2$	S	$S_{\bar{W}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\overline{W} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (W_i - \overline{W})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (W_i - \overline{W})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\overline{W}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_P = t_{P,f} \cdot S_{\overline{W}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_P \cdot 100}{\overline{W}}, \% =$$

Вывод:

Работа выполнена «_____» _____ 20 ____ г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РАБОЧИХ СРЕД

Работа № 9

Фотоколориметрическое определение массовой концентрации железа с 1, 10-фенантролином

Цель работы:

Реактивы и оборудование:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.

Ход работы

**Таблица 1. Результаты измерений оптической плотности
стандартных растворов**

№ раствора	Масса железа в растворе, мкг	Оптическая плотность
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Определение градуировочной зависимости

Таблица 2. Экспериментальные и расчетные данные для оценки оптимальных параметров по методу наименьших квадратов

№ раствора	m_i	m_i^2	$A_{i \text{ эксп}}$	$m_i \cdot A_{i \text{ эксп}}$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
$\sum_{i=1}^n$				

Расчет коэффициентов

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 \sum_{i=1}^n A_{i \text{ эксп}} - \sum_{i=1}^n m_i \sum_{i=1}^n m_i A_{i \text{ эксп}}}{n \sum_{i=1}^n m_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n m_i \right)^2} =$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n m_i A_{i \text{ эксп}} - \sum_{i=1}^n m_i \sum_{i=1}^n A_{i \text{ эксп}}}{n \sum_{i=1}^n m_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n m_i \right)^2} =$$

$$b' = \frac{\sum_{i=1}^n m_i A_{i \text{ эксп}}}{\sum_{i=1}^n m_i^2} =$$

Таблица 3. Данные для проверки значимости коэффициента a

№ раствора	m_i	m_i^2	$A_{i \text{ эксп}}$	$A_{i \text{ эксп}}^2$	$m_i \cdot A_{i \text{ эксп}}$
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
$\sum_{i=1}^n$					

$$SQ = \sum_{i=1}^n A_{i \text{ эксп}}^2 - a \sum_{i=1}^n A_{i \text{ эксп}} - b \sum_{i=1}^n m_i A_{i \text{ эксп}} =$$

$$SQ' = \sum_{i=1}^n A_{i \text{ эксп}}^2 - b' \sum_{i=1}^n m_i A_{i \text{ эксп}} =$$

$$s_{YC}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n A_{i\text{эксп}}^2 - a \sum_{i=1}^n A_{i\text{эксп}} - b \sum_{i=1}^n m_i A_{i\text{эксп}}}{(n-2)} =$$

$$F = \frac{(SQ' - SQ)}{s_{YC}^2} =$$

$$F(\bar{P}, f_1 = n - 1, f_2 = n - 2) \text{ (табличное)} =$$

Градуировочная зависимость:

Таблица 4. Данные для построения градуировочного графика

№ раствора	Масса железа в растворе, мкг	$A_{\text{расч}}$
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Градуировочный график

Таблица 4. Результаты измерений оптической плотности анализируемого раствора

№ измерения	A
1	
2	
3	

Расчет массы железа по градуировочной зависимости

$$m_X =$$

$$m_{X_1} =$$

$$m_{X_2} =$$

$$m_{X_3} =$$

Расчет содержания железа в анализируемом растворе в мкг/л

$$C_{Fe} = \frac{m_{гр} \cdot 1000}{V}$$

$$m_{гр} -$$

$$V -$$

$$1000 -$$

$$C_{Fe_1} =$$

$$C_{Fe_2} =$$

$$C_{Fe_3} =$$

Таблица 5. Статистическая обработка результатов анализа

Опыт	C_i	$\bar{C}$	$C_i - \bar{C}$	$(C_i - \bar{C})^2$	S	$S_{\bar{C}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\bar{C}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\bar{C}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_p \cdot 100}{\bar{C}}, \% =$$

Вывод:

Работа выполнена « ____ » _____ 20 г.

Работа № 10

Фотометрическое определение массовой концентрации морфолина с реактивом Фолина

Цель работы:

Реактивы и оборудование:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 7.
- 9.

Ход работы

Таблица 1. Результаты измерений оптической плотности стандартных растворов

№ раствора	Концентрация раствора, мг/дм ³	Оптическая плотность
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Определение градуировочной зависимости

Таблица 2. Экспериментальные и расчетные данные для оценки оптимальных параметров по методу наименьших квадратов

№ раствора	C_i	C_i^2	$A_{i \text{ эксп}}$	$C_i \cdot A_{i \text{ эксп}}$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
$\sum_{i=1}^n$				

Расчет коэффициентов

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n C_i^2 \sum_{i=1}^n A_{i \text{ эксп}} - \sum_{i=1}^n C_i \sum_{i=1}^n C_i A_{i \text{ эксп}}}{n \sum_{i=1}^n C_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n C_i \right)^2} =$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n C_i A_{i \text{ эксп}} - \sum_{i=1}^n C_i \sum_{i=1}^n A_{i \text{ эксп}}}{n \sum_{i=1}^n C_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n C_i \right)^2} =$$

$$b' = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_{i \text{ эксп}}}{\sum_{i=1}^n C_i^2} =$$

Таблица 3. Данные для проверки значимости коэффициента a

№ раствора	C_i	C_i^2	$A_{i \text{ эксп}}$	$A_{i \text{ эксп}}^2$	$C_i \cdot A_{i \text{ эксп}}$
1					
2					
3					
4					
5					
6					
$\sum_{i=1}^n$					

$$SQ = \sum_{i=1}^n A_{i \text{ эксп}}^2 - a \sum_{i=1}^n A_{i \text{ эксп}} - b \sum_{i=1}^n C_i A_{i \text{ эксп}} =$$

$$SQ' = \sum_{i=1}^n A_{i \text{ эксп}}^2 - b' \sum_{i=1}^n C_i A_{i \text{ эксп}} =$$

$$s_{YC}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n A_{i\text{эксп}}^2 - a \sum_{i=1}^n A_{i\text{эксп}} - b \sum_{i=1}^n C_i A_{i\text{эксп}}}{(n-2)} =$$

$$F = \frac{(SQ' - SQ)}{s_{YC}^2} =$$

$$F(\bar{P}, f_1 = n - 1, f_2 = n - 2) \text{ (табличное)} =$$

Градуировочная зависимость:

Таблица 4. Данные для построения градуировочного графика

№ раствора	Концентрация раствора, мг/мл	$A_{\text{расч}}$
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Градуировочный график

Таблица 5. Результаты измерений оптической плотности анализируемого раствора

№ измерения	A
1	
2	
3	

Расчет концентрации морфолина по градуировочной зависимости

$$C_X =$$

$$C_{X_1} =$$

$$C_{X_2} =$$

$$C_{X_3} =$$

Расчет содержания морфолина в анализируемом растворе в мг/дм³

$$C_{\text{МРФ}} = \frac{C_{\text{гр}} \cdot 100 \cdot 1000}{V}$$

$$C_{\text{гр}} -$$

$$100 -$$

$$V -$$

$$1000 -$$

$$C_{\text{МРФ}_1} =$$

$$C_{\text{МРФ}_2} =$$

$$C_{\text{МРФ}_3} =$$

Таблица 6. Статистическая обработка результатов анализа

Опыт	C_i	$\bar{C}$	$C_i - \bar{C}$	$(C_i - \bar{C})^2$	S	$S_{\bar{C}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\bar{C}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\bar{C}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_p \cdot 100}{\bar{C}}, \% =$$

Вывод:

Работа выполнена « ____ » _____ 20 ____ г.

Работа № 11

Фотометрическое определение массовой концентрации меди с применением купризона

Цель работы:

Реактивы и оборудование:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.

Ход работы

Таблица 1. Результаты измерений оптической плотности стандартных растворов

№ раствора	Масса меди в растворе, мкг	Оптическая плотность
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Определение градуировочной зависимости

Таблица 2. Экспериментальные и расчетные данные для оценки оптимальных параметров по методу наименьших квадратов

№ раствора	m_i	m_i^2	$A_{i \text{ эксп}}$	$m_i \cdot A_{i \text{ эксп}}$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
$\sum_{i=1}^n$				

Расчет коэффициентов

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 \sum_{i=1}^n A_{i \text{ эксп}} - \sum_{i=1}^n m_i \sum_{i=1}^n m_i A_{i \text{ эксп}}}{n \sum_{i=1}^n m_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n m_i \right)^2} =$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n m_i A_{i \text{ эксп}} - \sum_{i=1}^n m_i \sum_{i=1}^n A_{i \text{ эксп}}}{n \sum_{i=1}^n m_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n m_i \right)^2} =$$

$$b' = \frac{\sum_{i=1}^n m_i A_{i \text{ эксп}}}{\sum_{i=1}^n m_i^2} =$$

Таблица 3. Данные для проверки значимости коэффициента a

№ раствора	m_i	m_i^2	$A_{i \text{ эксп}}$	$A_{i \text{ эксп}}^2$	$m_i \cdot A_{i \text{ эксп}}$
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
$\sum_{i=1}^n$					

$$SQ = \sum_{i=1}^n A_{i \text{ эксп}}^2 - a \sum_{i=1}^n A_{i \text{ эксп}} - b \sum_{i=1}^n m_i A_{i \text{ эксп}} =$$

$$SQ' = \sum_{i=1}^n A_{i \text{ эксп}}^2 - b' \sum_{i=1}^n m_i A_{i \text{ эксп}} =$$

$$s_{YC}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n A_{i\text{эксп}}^2 - a \sum_{i=1}^n A_{i\text{эксп}} - b \sum_{i=1}^n m_i A_{i\text{эксп}}}{(n-2)} =$$

$$F = \frac{(SQ' - SQ)}{s_{YC}^2} =$$

$$F(\bar{P}, f_1 = n - 1, f_2 = n - 2) \text{ (табличное)} =$$

Градуировочная зависимость:

Таблица 4. Данные для построения градуировочного графика

№ раствора	Масса меди в растворе, мкг	$A_{\text{расч}}$
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Градуировочный график

Таблица 4. Результаты измерений оптической плотности анализируемого раствора

№ измерения	A
1	
2	
3	

Расчет массы меди по градуировочной зависимости

$$m_X =$$

$$m_{X_1} =$$

$$m_{X_2} =$$

$$m_{X_3} =$$

Расчет содержания меди в анализируемом растворе в мкг/л

$$C_{Cu} = \frac{m_{гр} \cdot 1000}{V}$$

$$m_{гр} -$$

$$V -$$

$$1000 -$$

$$C_{Cu_1} =$$

$$C_{Cu_2} =$$

$$C_{Cu_3} =$$

Таблица 5. Статистическая обработка результатов анализа

Опыт	C_i	$\bar{C}$	$C_i - \bar{C}$	$(C_i - \bar{C})^2$	S	$S_{\bar{C}}$	ε_p	Δ
1								
2								
3								
$\sum_{i=1}^n$								

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1} =$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1}} =$$

$$S_{\bar{C}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\varepsilon_p = t_{p,f} \cdot S_{\bar{C}} =$$

$$\Delta = \frac{\varepsilon_p \cdot 100}{\bar{C}}, \% =$$

Вывод:

Работа выполнена « ____ » _____ 20 ____ г.

ДЛЯ НОВЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

ДЛЯ НОВЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

ДЛЯ НОВЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

ДЛЯ НОВЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

ДЛЯ НОВЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Ж У Р Н А Л
лабораторных работ
по дисциплине «Технология водоподготовки
и спецводоочистки на атомных станциях»

Составители: Замыслова Т.Н., Ведищева О.В., Блохинова А.В.

В авторской редакции

Изд. № 16/2022. Объем 6,75 п.л. Усл. печ. л. 6,28. Уч.-изд. л. 6,615.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»