



**Коммерциялық емес
акционерлік қоғам**

**ҒҰМАРБЕК ДӘУКЕЕВ
АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ
ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ
БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ**

Инженериядағы
менеджмент және
кәсіпкерлік кафедрасы

СУДЫ ДАЙЫНДАУДЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРІ

Дайындау бағыты 6В071 – «Инженерия және инженерлік іс»
6В07103 – «Жылуэнергетика» білім беру бағдарламасы бойынша оқитын
барлық оқу түрінің бакалавриат студенттері үшін зертханалық жұмыстарды
орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар

Алматы 2022

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: Туманова А.А., Идрисова К.С. Суды дайындаудың физика–химиялық әдістері. Дайындау бағыты 6В071 – «Инженерия және инженерлік іс» 6В07103 – «Жылуэнергетика» білім беру бағдарламасы бойынша оқитын барлық оқу түрінің бакалавриат студенттері үшін зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар. – Алматы: Ғ. Дәукеев ат. АЭЖБУ, 2022. – 34 б.

Зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар дайындау бағыты 6В071 – «Инженерия және инженерлік іс» 6В07103 – «Жылуэнергетика» білім беру бағдарламасы бойынша оқитын барлық оқу түрінің бакалавриат студенттеріне арналған. 6В07103 – «Жылуэнергетика» модульдік білім беру бағдарламасына сәйкес жасалған.

Без. 4, кесте. 9, әдеб. көрсеткіші – 10 атау.

Пікір беруші: т.ғ.к., профессор

Р. А. Мусабеков

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2022 ж. басылым жоспары бойынша басылады.

© «Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2022 ж.

Кіріспе

Зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар «Суды дайындаудың физика-химиялық тәсілдері» пәнін 5 кредит көлемінде оқитын бакалаврларға ұсынылып отыр.

Мақсаты: теориялық оқыту барысында алған білімдерді практикада бекіту, суды тазартудың физика-химиялық әдістерімен танысу, су сапасының көрсеткіштерін анықтау әдістерін меңгеру, өнеркәсіптік және энергетикалық нысандардың химиялық зертханаларында қолданылатын құрал-жабдықтармен жұмыс істеу дағдыларын меңгеру.

Әдістемелік нұсқаулардың мазмұны модульдік білім беру бағдарламасына сәйкес келеді.

Зертханалық жұмыстар СДФХТ пәнінің маңызды құрамдастарының бірі болып табылады. Оларды жүзеге асыру үшін студент зертханалық құрал-жабдықтармен, бақылау-өлшеу құралдарымен, сонымен қатар негізгі зертханалық операцияларды жүргізу техникасымен танысуы қажет.

Әрбір зертханалық сабақ алдында студент теориялық жағынан оқулықтың сәйкес бөлімі, дәріс конспектісі бойынша дайындалып, зертханалық жұмыстың орындау әдістемесімен танысуы қажет.

Атқарылған жұмыс туралы есеп құрастыру кезінде зертханалық журналға мыналар жазылады: күні, нөмірі, жұмыстың атауы және тәжірибесі; эксперименттік бөлімнің қысқаша мазмұны; оны жүзеге асыру барысында алынған нәтижелер.

Есеп АЭЖБУ «Оқу жұмыстары» стандартына сәйкес орындалады.

№1 зертханалық жұмыс. Судың мөлдірлігі. Қалқыған заттар мөлшері

Жұмыстың мақсаты: судың мөлдірлігі мен қалқыған заттар мөлшерін анықтауды үйрену.

1.1 Теориялық кіріспе

Мөлдірлік – қалқыған заттар мен коллоидты қоспаларды оңай және лезде бақылауға мүмкіндік беретін су сапасының технологиялық көрсеткіші. Мөлдірліктің өлшемі болып ішіндегі бақыланатын затты байқауға болатын су бағанының биіктігі табылады. Заттың көрінуіне байланысты мөлдірліктің бірнеше түрін ажыратады. Ақ тақташаны (әдетте фарфор) немесе диаметрі 20 см дискті бақылау «диск бойынша мөлдірлік» деп аталады. Бұл шама тек жер үсті суаттарының (өзен, көл, су қоймалар) сулары үшін өлшенеді.

«Крест бойынша» мөлдірлікті қалыңдығы 1 мм айқасқан қара екі түзу түсірілген ақ тақташа көмегімен анықтайды. Жылуэнергетикада көбінесе әріптерінің биіктігі 3,5 мм стандартты типографтық шрифт оқылатын су бағанының биіктігіне тең «шрифт бойынша (Снеллен бойынша)» мөлдірлік қолданылады.

Судың мөлдірлік бойынша жіктелуі 1.1- кестеде келтірілген.

1.1 к е с т е – Судың мөлдірлігін бағалау

Мөлдірлікті бағалау	«Шрифт бойынша» мөлдірлік, см	Қалқыған заттардың мөлшері, мг/дм ³
Мөлдір	> 30	< 3 – 4
Әлсіз лай	25 – 30	< 5 – 6
Орташа лай	20 – 25	6 – 10
Лай	10 – 20	10 – 30
Өте лай	< 10	> 30

«Крест бойынша» мөлдірлік пен «шрифт бойынша» мөлдірліктің және қалқыған заттар құрамының арасында өзара байланыс бар, ол 1.2-кестеде келтірілген. Бірақ мөлдірліктің мәні арқылы қалқыған заттардың құрамын бағалау айтарлықтай болжамды болады, өйткені ол суда еріген заттардың түсіне де байланысты.

Қалқыған заттар – сүзгі арқылы талданатын сынаманы өткізгенде сүзгіде қалып қоятын суда ерімейтін бөлшектер. Олар тура, яғни сынаманы сүзуден кейін сүзгіде қалған қалдықтарды 105 – 110°C-та қалыпты салмаққа дейін кептіріп және өлшеп, немесе жанама, яғни қоспалардың жалпы мөлшері мен еріген заттардың мөлшері арасындағы айырымы арқылы анықталады. Қалқыған заттарды анықтау үшін сүзгілеуді, центрифугирлеуді немесе жанама есептеуді қолдануға болады. Анықтау әдісін таңдау қойылған мақсатқа, зертхананың жабдықтарының құрамына, қалқыған заттардың мөлшері мен

сипатына байланысты. Азғантай мөлшерді (50мг/дм³-ден аз) дәл анықтау үшін мембраналық сүзгі арқылы сүзуді қолданады. Қалқыған заттардың мөлшері көп болатын суды талдау үшін қағаз сүзгіні пайдаланған жөн.

1.2 к е с т е - Мөлдірлік бойынша қалқыған заттардың құрамын бағалау

Мөлдірлік, см		Қалқыған заттар, мг/дм ³	Мөлдірлік, см		Қалқыған заттар, мг/дм ³
«крест бойынша»	«шрифт бойынша»		«крест бойынша»	«шрифт бойынша»	
0,5	5	160-300	16	160	9-14
2	20	40-120	17	170	8-12
3	30	30-90	18	180	7-10
5	50	16-75	19	190	6-9
6	60	14-52	21	210	5-8
8	80	11-40	23	230	4-6
9,5	95	10-33	25	250	3-6
11	110	10-27	26	260	3-6
12,5	125	10-20	28	280	3-6
14	140	10-17	30	300	3-6

1.1 Мөлдірлікті анықтау

Талдауды орындау үшін кемінде 500 см³ талданатын су алынады. Сынаманы сақтамайды, анықтау сынама алынғаннан кейін бірден жүргізіледі.

Өлшеу үшін ішкі диаметрі 2,5-3,0 см және биіктігі шамамен 50 см, сантиметрлермен калибрленген, түбі тегіс шыны цилиндрді қолданады. Цилиндрдің төменгі жағында суды ағызу үшін және су бағанының биіктігін төмендету үшін шүмегі бар құбырша болуы қажет. Типографтық шрифтің үлгісіндегі әріптердің биіктігі 3,5 мм болуы қажет. Өлшегіш цилиндрді штативтің табанына түбі шрифттен 4 см ара қашықтықта орналасатындай етіп бекітеді. Алынған сынаманы жақсылап шайқайды және цилиндрдің жоғарғы белгісіне дейін құяды. Одан кейін су бағанын үстінен бақылай отырып, шүмекті ашады және шрифтті оқу мүмкін болғанға дейін ақырындап суды ағызады. Егер цилиндр жоғарғы белгіге дейін толып тұрғанда шрифтті оқу мүмкін болса, онда талданатын судың мөлдірлігі 50 см-ден көп. Шрифтті бақылауды шашыраңқы күндізгі жарықта жақсы жарықтанған бөлмеде терезеден 1 м қашықтықта жүргізеді. Талдаудың нәтижесін сантиметр түрінде дәлдігі 1 см-ге дейін болатын су бағанының биіктігімен өрнектейді.

1.2 Қалқыған заттар мөлшерін анықтау

Анықтау үшін сынамалар шыны немесе полиэтилен ыдысқа алынады. Ең дұрысы - анықтауды бір тәуліктен кешіктірмей бірден жүргізу керек. Сынамаларды сақтауға болмайды.

Цилиндрге 1000 см³ мұқият араластырылған сынама өлшеніп алынады (немесе көлемі азырақ, бірақ құрамындағы қалқыған заттар 250 мг-нан кем

емес болатын) және кептірілген, алдын ала өлшенген қағаз сүзгі арқылы сүзіледі.

Сүзу алдында сүзгіні тұзсызданған судың бірнеше тамшыларымен сулап алып, одан соң абайлап сүзгішке салу керек. Фильтраттың бірінші үлестерінің құрамында ($100-200 \text{ см}^3$) сүзгінің талшықтары болуы мүмкін, сондықтан оларды талданатын сынамаға қайта құю керек. Сүзу аяқталғаннан кейін құрамында темір немесе марганец қосылыстары бар (мысалы, кейбір артезиан сулары) қыздырылған қалдықтың түсі ашық қоңыр түстен қара түске дейін болуы мүмкін. Бұл жағдайда қыздыруды аяқтау үшін ыдысты муфель пешінде 15-20 мин ұстау жеткілікті. Қыздырылған қалдығы бар ыдысты эксикаторға салады да салқындағаннан кейін өлшейді.

Судың қыздырылған қалдығы ҚҚ келесі формуламен есептеледі:

$$ҚҚ = \frac{10^6(m_2 - m_0)}{V_{сын}} \quad [\text{мг/дм}^3],$$

мұнда m_2 – қыздырылған қалдығы бар ыдыстың салмағы, г;

m_0 – бос ыдыстың салмағы, г;

$V_{сын}$ – талдауға алынған су сынамасының көлемі, см^3 .

1.4 Нәтижелерді талдау, қорытындылар

Нәтижелерді талдау мыналарды қамтуы керек:

- а) мөлдірлікті және судағы қалқымалы заттардың құрамын анықтауды жүзеге асырудың сипаттамасы;
- б) күйдірілген қалдықты есептеу;
- в) қорытындылар.

№ 2 зертханалық жұмыс. Судың кермектілігін анықтау

Жұмыстың мақсаты: судың жалпы, кальцийлік және магнийлік кермектілігін анықтауды үйрену.

2.1 Теориялық кіріспе

Кермектілік деп судағы кальций және магний иондарының эквиваленттерінің молярлы концентрацияларының (нормальдіктерінің) қосындысын айтады. Лезде бақылау кезінде кермектілік катионитті сүзгілерден кейінгі суларда, коагуляция мен избестеуді жүргізгенде мөлдірлеткіш суында және буды өндірістік тұтынушыларының конденсатында анықталады.

Жалпы кермектілікті кальций және магний иондарының қосынды концентрациясы түрінде анықтайды:

$$K_{\text{ж}} = C_{\text{ЭКВ}}(\text{Ca}^{2+}) + C_{\text{ЭКВ}}(\text{Mg}^{2+})$$

Кальций кермектілігі кальций иондарының концентрациясына байланысты:

$$K_{\text{Ca}^{2+}} = C_{\text{ЭКВ}}(\text{Ca}^{2+})$$

Магний кермектілігі магний иондарының концентрациясына байланысты:

$$K_{\text{Mg}^{2+}} = C_{\text{ЭКВ}}(\text{Mg}^{2+})$$

Кермектіліктің өлшем бірлігі г-ЭКВ/дм³(моль/дм³), мг-ЭКВ/дм³(ммоль/дм³) немесе мкг-ЭКВ/дм³(мкмоль/дм³).

Кермектілікті қамтамасыз ететін қосылыстардың табиғаты бойынша карбонатты (уақытша) $K_{\text{к}}$ және карбонатты емес (тұрақты) $K_{\text{ке}}$ кермектіліктерді ажыратады.

Карбонатты кермектілік гидрокарбонат және карбонат-иондарына эквивалентті кальций және магний иондарының болуымен түсіндіріледі ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, MgCO_3).

Егер $K_{\text{ж}} > C_{\text{ж}}$ болса, онда $K_{\text{к}} = C_{\text{ж}}$, ал кері жағдайда $K_{\text{к}} = K_{\text{ж}}$.

Карбонатты емес (бейкарбонатты) кермектілік деп күшті қышқылдар аниондарымен (хлоридтер, сульфаттар, нитраттар) байланысқан кальций және магний иондарының мөлшерін айтады (CaSO_4 , MgCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$):

$$K_{\text{ке}} = K_{\text{ж}} - K_{\text{к}}$$

Судың жалпы кермектілігін комплексонометриялық (комплексонометрия) титрлеу әдісімен анықтайды. Бұл әдісті кермектілігі 5 мкг-ЭКВ/дм³-ден жоғары болатын өндірістік сулар үшін пайдалануға болады.

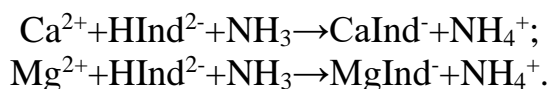
Кермектілікті анықтау әдісі комплексті қосылыстар түзетін реакцияларға негізделген. Онда Ca^{2+} және Mg^{2+} иондары комплекс түзуші рөлін, ал металлоиндикатор молекуласы және ЭДТА (трилон Б) - лиганд рөлін атқарады. Анықтауды жүргізудің негізгі шарты - ерітіндінің рН-ын бақылау болып табылады.

Біріншіден, Ca^{2+} , Mg^{2+} иондары мен индикаторлар және ЭДТА арасында тұрақты комплекстер түзілуі үшін рН= 9–10 белгілі мәнін ұстап отыру қажет, ол үшін сынамаға $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ және NH_4Cl қоспасы болып табылатын аммиакты буферлі ерітінді қосады.

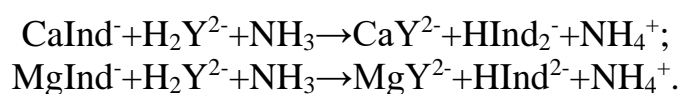
Екіншіден, ЭДТА ортаның рН-ның әртүрлі көрсеткіштерінде бірнеше түрде болуы мүмкін, бірақ бұл түрлердің тек біреуінде ғана кальций және магний мен тұрақты комплекстер түзілуі мүмкін. рН=9-10 болғанда ЭДТА-ның белсенді түрінің молярлық үлесі айтарлықтай үлкен, бірақ оны одан ары үлкейтуге (ортаның рН-ын жоғарылатып) болмайды, өйткені күшті сілтілі ортада тұнбаға түсетін магний гидроксиді ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) түзілуі мүмкін.

Талданатын суға металлоиндикатордың ерітіндісін қосқанда (мысалы, көк қышқылды хром К), ол Ca^{2+} және Mg^{2+} иондарымен комплекс түзеді, бұл

кезде ерітінді түсін өзгертеді (шарапты-қызыл түске боялады):



Одан кейін боялған ерітіндіге жайлап ЭДТА ерітіндісін қосады. Кальций және магний иондарының ЭДТА-мен комплекстерінің тұрақтылық константалары кальций және магний иондарының индикатормен комплекстерінің тұрақтылық константаларына қарағанда жоғары. ЭДТА-ны қосқанда кальцийдің (магнийдің) индикатормен комплекстері бұзылып, кальцийдің (магнийдің) ЭДТА-мен түссіз комплекстері түзіледі. Оның нәтижесінде ерітінді бос индикатордың көкшіл түсіне ие болады:



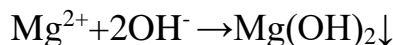
Индикатор түсінің өзгеруіне дейін шығындалған ЭДТА көлемі бойынша кальций және магний иондарының концентрациясын есептейді.

Талданатын суда болатын Cu^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} катиондары индикатормен өте берік комплексті қосылыстар түзеді және титрлеу процесінде ерітіндінің түсі өзгермейді немесе ЭДТА-ның өте көп артық мөлшерінде де өте баяу өзгереді. Бұл құбылыс индикатордың тыйымдалуы деген атқа ие болды. Бәсекелесетін реакциялардың алдын алу үшін кедергі келтіретін металл иондарын тұндыру немесе экстракция арқылы ерітіндіден алып тастау қажет.

Суда Ca^{2+} немесе Mg^{2+} иондарының қайсысы бар екендігіне байланысты кермектілікті жеке анықтау үшін ЭДТА тек біреуіне ғана әсер ететіндей жағдай жасау қажет.

2.1.1 Кальцийлік кермектілікті анықтау

Кальций және магний сілтілік ортада ЭДТА-мен берік комплекс түзеді және жарамды индикатор болғанда онымен титрленеді. Егер ортаның рН-ы жеткілікті жоғары болса, магний $\text{Mg}(\text{OH})_2$ түрінде тұнбаға түседі:



Бұл жағдайда кальций ерітіндіде қалып қояды, оны ЭДТА-ның стандартты ерітіндісімен титрлеуге болады:

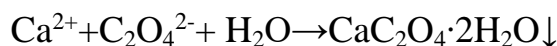


Мұнда индикатор ретінде мурексид, кальцион немесе флуорексон қолданылуы мүмкін, олар титрлеу процесінде кальций иондарының концентрацияларының өзгеруі кезінде түсін өзгертеді.

2.1.2 Магнийлік кермектілікті анықтау

Егер кальций иондарын титрлеу аяқталғаннан кейін ортаның рН-ын 8-9-ға дейін төмендетсе, магний гидроксиді ерітіндіге өтеді және магний иондарын ЭДТА ерітіндісімен титрлеу мүмкін. рН-тың төмендеуі талданатын ерітіндіге аммоний хлоридін ($\text{NaOH} + \text{NH}_4\text{Cl} = \text{NaCl} + \text{NH}_4\text{OH}$) қосу арқылы немесе қышқылмен бейтараптап, одан соң аммиакты буферді қосумен жүргізіледі.

Сонымен қатар магнийлік кермектікті жалпы және кальцийлік кермектіліктер арасындағы айырма бойынша немесе кальцийді аз еритін оксалаттар түрінде тұндыру арқылы анықтауға болады:



одан кейін магнийді ЭДТА ерітіндісімен титрлейді:



2.2 Жұмысты орындау тәртібі

2.2.1 Сынаманы дайындау

Талдау үшін сынаманы талданатын сумен алдын ала шайқалған таза ыдысқа алады. Егер сынама лай болса (қалқыған заттармен ластанған), оны сүзу қажет. Алуға ұсынылатын сынамалар 2.1- кестеде келтірілген.

2.1 к е с т е - Талдау үшін су сынамаларының ұсынылатын көлемдері

Жалпы кермектіліктің күтілетін мәні, мг-экв/дм ³	Су сынамасының көлемі, см ³
< 1	100
<5-ке дейін	100
<9-ға дейін	50
<15-ке дейін	25

Сыйымдылығы 250-300 см³ таза конустық колбаға пипеткамен талданатын судың белгілі көлемін құйып алады, 100 см³ жалпы көлемге дейін тұзсызданған сумен толтырып, 5 см³ аммиакты қоспа және 5 см³ натрий сульфидінің (немесе натрийдің диэтилдитиокарбаматы) ерітіндісін құяды.

Егер ерітіндіде анықтауға кедергі келтіретін мыс және темір иондары болса, онда ерітінді не қараяды, не лай немесе тұнба пайда болады. Бұл

жағдайда сынаманы «ақ таспа» қожсыз фильтр қағазы арқылы сүзіп, фильтратты сыйымдылығы сондай таза конустық колбаға жинайды. Сұйықтықтың барлық көлемін сүзгіден өткізгеннен кейін сүзгіні бір рет тазаланған сумен жуады, жуатын суларды сол колбаға жинап, индикатор қосады да титрлеуге кіріседі.

2.2.1 Жалпы кермектілікті анықтау

Егер талданатын суда кедергі жасайтын иондар болса, сынаманы талдауға жоғарыда айтылған әдістеме бойынша алдын ала дайындайды. Егер талданатын суда кедергі келтіретін иондар болмаса, онда сынамаға 5 см³ аммиакты буферлі ерітінді енгізеді, 5-6 тамшы қара-көк қышқылды хром индикаторының ерітіндісін немесе эрихром қара Т қосып (бұл индикатордың ерітіндісін эрихром қара Т қатты индикаторлы қоспаның бірнеше түйіршектеріне алмастыруға болады), араластырады және жайлап ЭДТА ерітіндісімен шарапты-қызыл түстен көкшіл түске өткенге дейін титрлейді. Трилон Б ерітіндісінің көлемін $V_{ж}$, см³ деп белгілейді.

Жалпы кермектілікті келесі формула бойынша есептейді:

$$K_{ж} = \frac{1000 \cdot V_{ж} \cdot C_{эkv} \cdot (ЭДТА)}{V_{сын}} \quad [\text{мг-экв/дм}^3]$$

мұнда $K_{ж}$ – жалпы кермектілік, мг-экв/дм³;

$V_{ж}$ – титрлеуге шығындалған трилон Б ерітіндісінің көлемі, см³;

$V_{сын}$ – тәжірибеге алынған сынама көлемі, см³;

$C_{эkv}(ЭДТА)$ – ЭДТА ерітіндісінің нормальдік концентрациясы, г-экв/дм³ (эквиваленттердің молярлы концентрациясы, моль/дм³).

2.2.2 Кальцийлік кермектілікті анықтау

Титрлеу үшін таза колбаға өлшегіш цилиндрмен немесе пипеткамен талданатын судың белгілі көлемі алынады (2.1 кесте), қажет болса 100 см³ жалпы көлемге дейін тұзсызданған сумен жеткізеді, 2 см³ 2н NaOH ерітіндісін қосып араластырады және 5 минутқа қалдырады, бұл уақыт аралығында Mg(OH)₂ тұнады.

Егер талданатын суда кедергі келтіретін иондар болса, онда сынаманы жоғарыда айтылған әдістеме бойынша алдын-ала дайындайды. Магний иондары тұнғаннан кейін сынамаға мурексид қатты индикаторлы қоспасының бірнеше түйіршектерін (немесе флуорексон) қосып араластырады да, трилон Б ерітіндісімен қызғылт күрең түстен күрең көк түске өзгергенге дейін титрлейді.

Егер рН=12 болса, кальцийлі кермектілікті қара-көк хром индикаторымен де титрлеуге болады. Титрлеуді ерітінді түсі қызыл күрең түстен күрең көк түске өзгергенге дейін жүргізеді.

Шығындалған трилон Б ерітіндісінің көлемі V_{Ca} , см³ деп белгілейді.

Кальцийлік кермектілікті келесі формула бойынша есептейді:

$$K_{Ca} = \frac{1000 \cdot V_{Ca} \cdot C_{ЭДТА}}{V_{сын}} \text{ [мг-экв/дм}^3\text{, ммоль/дм}^3\text{]},$$

мұнда V_{Ca} – титрлеуге кеткен ЭДТА көлемі, см³; $V_{сын}$ – талдауға алынған сынама көлемі, см³; $C_{ЭДТА}$ – ЭДТА ерітіндісінің нормальдік концентрациясы, г-экв/дм³ (эквиваленттердің молярлы концентрациясы, моль/дм³).

Кальций концентрациясын

$$C(Ca^{2+}) = K_{Ca} \cdot 20,04 \text{ [мг/дм}^3\text{]}$$

формуласы бойынша есептейді, мұнда 20,04 – кальций эквивалентінің молярлы массасы, мг/ммоль.

2.2.3 Магнийлік кермектілікті анықтау

Магнийлік кермектікті жалпы және кальцийлік кермектіліктердің айырымы бойынша анықтайды. Бұл көрсеткішті тәжірибелік жолмен, яғни титриметрлік әдіспен де анықтауға болады. Ол үшін титрлеуге арналған таза колбаға өлшегіш цилиндр немесе пипеткамен талданатын судың белгілі көлемін құяды (2.1 кесте), қажет болса көлемін тұзсыздандырылған сумен жалпы көлемі 100 см³-ге дейін толықтырады, кальций иондарын тұндыру үшін аммоний оксалатының 5 см³ мен аммиакты буферлі ерітіндінің 5 см³ қосады. Судың жалпы сілтілігі 5 мг-экв/дм³-ден жоғары болса, аммоний оксалатының мөлшерін де пропорционалды жоғарлату қажет. 10 минуттан кейін кальций оксалатының тұнбасы толық түзіледі. Көп мөлшерде қоймалжың тұнба түзілсе сынаманы «ақ таспа» тығыз күлсіз фильтр қағазы арқылы сүзіп, фильтр қағазын тазартылған судың шамалы мөлшерімен жуады. Бұл суларды да сол колбаға жинап, титрлеуді бастайды.

Сынамаға 3 – 6 тамшы қышқылдық қара-көк хром индикаторын немесе қара эриохром Т индикаторын (индикатор ерітіндісі орнына қара эриохром Т индикаторының бірнеше түйіршектерін салуға болады) қосып араластырады да түсі қызыл-күлгін түстен көгілдір-көк түске ауысқанға дейін ЭДТА ерітіндісімен баяу титрлейді. ЭДТА ерітіндісінің шығындалған көлемін (V , см³) дәлелдейді. Магнийлік кермектілікті (мг-экв/дм³ немесе ммоль · экв)/дм³) келесі формуламен есептейді:

$$K_{Mg} = \frac{1000 \cdot V_{Mg} \cdot C_{ЭДТА}}{V_{сын}},$$

мұнда V_{Mg} — титрлеуге шығындалған ЭДТА көлемі, см³;

$V_{сын}$ — талдауға алынған сынама көлемі, см³;

$C_{\text{экв}}$ (ЭДТА) — ЭДТА ерітіндісінің нормальдігі, г-экв/дм³ (эквиваленттік молярлы концентрациясы, моль/дм³).

Магний концентрациясын келесі формуламен есептейді:

$$C(\text{Mg}^{2+}) = K_{\text{Mg}} \cdot 12,16 \text{ [мг/дм}^3\text{]},$$

мұнда 12,16 — магний эквивалентінің молярлы массасы, мг/ммоль.

2.3 Нәтижелерді талдау, қорытындылар

Жұмыс талдауы мыналарды қамтуы керек:

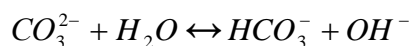
- а) кермектілікті анықтауды орындаудың сипаттамасы;
- б) жалпы, кальцийлік және магнийлік кермектілікті, кальций және магний иондарының концентрациясын есептеу;
- в) қорытындылар.

№ 3 зертханалық жұмыс. Судың сілтілігін анықтау

Жұмыстың мақсаты: судың сілтілігін анықтауды үйрену.

3.1 Теориялық кіріспе

Судың сілтілігі деп судағы гидроксил иондарының жоғары концентрациясына әкелетін заттардың жалпы мөлшерін айтады. Бұл – күшті негіздер, сонымен қатар гидролизге ұшырайтын және суға OH^- иондарын әкелетін күшті негіздер мен әлсіз қышқылдардың тұздары. Мысалы:



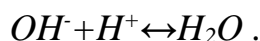
Суда еріген затқа байланысты оның сілтілік реакциясын қамтамасыз ететін сілтіліктің бірнеше түрін ажыратады: гидраттық C_z (OH^- иондарының әсерінен), бикарбонаттық C_b (HCO_3^-), карбонаттық C_k (CO_3^{2-}), фосфаттық $C_{\text{фосф}}$ (HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}), силикаттық $C_{\text{сил}}$ (HSiO_3^- , SiO_3^{2-}), гуматтық (гумин және фульвоқышқыл тұздарының әсерінен) және т.б.

Сілтілікті титрлеу әдісімен анықтайды. Титрленетін зат болып гидроксид иондары бар талданатын су табылады. Титрант – күшті қышқыл ерітіндісі. Тәжірибеде әдетте тұз (HCl) бен күкірт (H_2SO_4) қышқылдары және келесі индикаторлар: фенолфталеин (өту нүктесінде $\text{pH}=8,3$), метилоранж ($\text{pH}=4,4$), аралас индикаторлар ($\text{pH}=5,1$ және $5,4$) пайдаланылады.

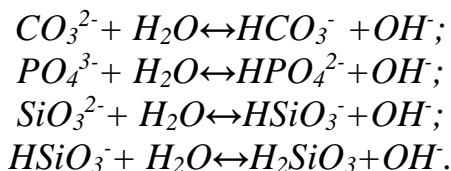
Қолданылатын индикаторларға байланысты сілтіліктің тағы да екі түрін ажыратады: фенолфталеин бойынша сілтілік $C_{\text{ф-ф}}$ және метилоранж бойынша сілтілік $C_{\text{м-о}}$.

Фенолфталеин бойынша сілтілік диссоциация және гидролиз процестерінің нәтижесінде суда OH^- -топтарының болуына байланысты

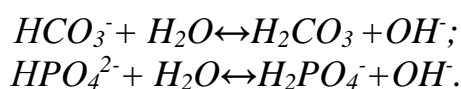
болғандықтан, фенолфталеиннің қатысында түссізденгенге дейін титрлеу кезде келесі реакциялар жүреді:



Бұл жағдайда гидролиз процесінде келесі реакциялар жүреді:



Метилоранжбен титрлеген кезде жоғарыда келтірілген реакциялардан басқа келесі реакциялар жүреді:



Осылайша, метилоранж бойынша сілтілік судағы барлық күшті және әлсіз негіздердің мөлшеріне сәйкес болады, сондықтан оны көбінесе жалпы сілтілік ($C_{ж}$) деп атайды, яғни $C_{мо} = C_{ж}$.

Электр стансаларының технологиялық суларындағы сілтілік көбінесе олардың құрамында гидроксид-, карбонат- және бикарбонат-иондарының болуына байланысты, олай болса жалпы сілтілікті, фенолфталеин бойынша сілтілікті және гуматты сілтілікті анықтағаннан кейін сілтіліктің басқа да түрлерін есептеуге болады (3.1 кесте).

3.1 кесте - Сілтіліктің түрлерін анықтау

$C_{фф}$ және $C_{ж}$ арасындағы қатынас	Судағы иондар	Сілтілік түрлері		
		Гидраттық C_2	Карбонаттық $C_к$	Бикарбо- наттық $C_б$
$2C_{ф-ф} < C_{ж}$	HCO_3^- және CO_3^{2-} (гуматтар)	болмайды	$C_к = 2C_{фф}$	$C_б = C_{ж} - 2C_{фф} + C_{гум}$
$2C_{ф-ф} = C_{ж}$	CO_3^{2-}	болмайды	$C_к = C_{ж} = 2C_{ф-ф}$	болмайды
$2C_{ф-ф} > C_{ж}$	CO_3^{2-} және OH^-	$C_2 = 2C_{фф} - C_{ж} + C_{гум}$	$C_к = 2(C_{ж} - C_{фф} - C_{гум})$	болмайды
$C_{ф-ф} = 0$	HCO_3^-	болмайды	болмайды	$C_б = C_{ж}$

3.2 Анықтауды орындау

Сыйымдылығы 250 – 300 см³ таза конустық колбаға пипеткамен немесе өлшегіш цилиндрмен 100 см³ (немесе көлемі азырақ) талданатын су алынады. Егер көлемін азырақ алса, 100 см³-ге дейін таза сумен толтырып,

фенолфталеин спирттік ерітіндісінің 2 – 3 тамшысын қосады және қызғылт немесе күрең қызғылт түске боялған сұйықтықты тұз немесе күкірт қышқылының титрленген ерітіндісімен түссізденгенге дейін титрлейді. Титрлеуге шығындалған қышқыл мөлшерін $V_{фф}$ деп белгілейді.

Одан кейін осы колбаға 2 – 3 тамшы метилоранж қосып, бюреткаға қышқыл құймай, түсі сарыдан қызғылт сарыға өткенге дейін титрлеуді жалғастырады (қызыл түске жету қосылған қышқылдың артық мөлшерін білдіреді – сынама артық титрленген, тәжірибені қайтадан жүргізу керек). Титрлеуді белсенді және жиі-жиі араластырумен жүргізеді, ерітіндінің көлемінде реакция жүруі үшін қышқылды тамшылатып қосады. Метилоранжбен титрлеуге кететін қышқыл шығынын $V_{мо}$ деп белгілейді.

Егер фенолфталеин қосқаннан кейін ерітінді түссіз болса, демек фенолфталеин бойынша сілтілігі жоқ. Бұл жағдайда сынамаға метилоранж қосып, жоғарыда айтылғандай, титрлеу жүргізіледі.

3.3 Нәтижелерді өңдеу

Талданатын судың сілтілігі, мг-экв/дм³ (ммоль/дм³), келесі формулалармен анықталады:

$$C_{фф} = \frac{1000 \cdot C_{эқв(қышқыл)} \cdot V_{фф}}{V_{сын}};$$

$$C_{жс} = \frac{1000 \cdot C_{эқв(қышқыл)} \cdot V_{мо}}{V_{сын}};$$

$$C_{гум} = \frac{1000 \cdot C_{эқв(сілті)} \cdot V_{гум}}{V_{сын}};$$

мұнда $C_{фф}$ – фенолфталеин бойынша сілтілік;

$C_{жс}$ – метилоранж бойынша сілтілік немесе жалпы сілтілік;

$C_{гум}$ – гуматтық сілтілік;

$V_{сын}$ – талдауға алынған су сынамасының көлемі, см³;

$C_{эқв(қышқыл)}$ – қышқылдың нормальдік концентрациясы, г-экв/дм³ (эквиваленттердің молярлық концентрациясы, моль/дм³);

$V_{фф}$ – фенолфталеинмен титрлеуге шығындалған қышқыл көлемі, см³;

$V_{мо}$ – метилоранжбен титрлеуге шығындалған қышқыл көлемі, см³;

$C_{эқв(сілті)}$ – сілтінің нормальдік концентрациясы, г-экв/дм³ (эквиваленттердің молярлық концентрациясы, моль/дм³);

$V_{гум}$ – гумин қышқылдарын титрлеуге шығындалған сілті көлемі, см³.

3.4 Нәтижелерді талдау, қорытындылар

Жұмыс талдауы мыналарды қамтуы керек:

- а) сілтілікті анықтауды орындау сипаттамасы;
- б) фенолфталеин және метилоранж бойынша сілтілікті есептеу;
- в) қорытындылар.

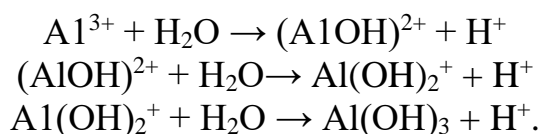
№ 4 зертханалық жұмыс. Судағы коллоидті-дисперсті қоспаларды коагуляция әдісімен бөліп алу

Жұмыстың мақсаты: коагулянттың оптималды дозасы мен процестің рН мәнін анықтауды үйрену.

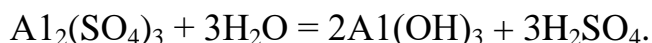
4.1 Теориялық кіріспе

Коагуляция деп судағы коллоидті бөлшектердің іріленуіне және тұнуына әкелетін суды коагулянттармен өңдеу процесін айтады.

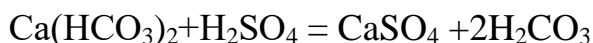
Табиғи сулардың коллоидті-ерітілген қоспаларының (мөлшерлері 1-100 нм) дзетта-потенциалы теріс болғандықтан, олардың коагуляциясы оң зарядталған коллоидті ерітіндіні енгізумен жүргізіледі. Іс жүзінде суға дайын коллоидті ерітіндіні енгізбейді, суда коллоидті ерітіндінің түзілуіне әкелетін процесті жүргізеді. Су дайындау стансаларында коагулянттар ретінде алюминий сульфаты, темір (III) хлориді, темір(II) сульфаты қолданылады. Коагулянттар күшті қышқылдар мен әлсіз негіздердің әрекеттесуінен түзілетін тұздар болғандықтан, гидролиз процесін $Al_2(SO_4)_3$ коагулянті мысалында иондық түрде былай өрнектеуге болады:



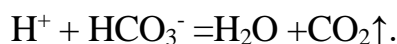
Гидролиздің молекулалық түріндегі қосынды процесі:



Гидролиз процесі – қайтымды. Гидролиз процесінің алюминий және темір (III) гидроксидтерінің түзілуіне дейін өтуінің қажетті шарты – түзілетін H^+ -иондарды байланыстыру. Табиғи суларда су сілтілігінің резервіне, яғни кальций гидрокарбонатының (HCO_3^- -иондарының) белгілі мөлшеріне байланысты коагулянт $Me(OH)_3$ -ке дейін гидролизденеді. Кальций гидрокарбонаты коагулянттың гидролизденуі кезінде бөлінетін қышқылды (H_2SO_4 , HCl) аз диссоциацияланған көмір қышқылына айналдырады. Бұл көмір қышқылы CO_2 мен H_2O -ға ыдырайды.



Немесе иондық түрінде



Табиғи судағы $Al_2(SO_4)_3$ гидролизінің қосынды теңдеуі былай өрнектеледі:



$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 1 мг гидролизденгенде судың сілтілік резервінің, яғни HCO_3^- - иондарының $(6/342) = 0,017$ мг-экв, ал FeCl_3 -нің 1 мг гидролизденгенде - 0,018 мг-экв шығынданады.

Коагуляция процесі судың сілтілік резервімен шектеледі.

Коагуляция процесі дұрыс өтетін $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = (D_{\text{опт } 1})$ және $\text{FeCl}_3 = (D_{\text{опт } 2})$ коагулянттарының шекті дозалары сәйкесінше келесі формулалар бойынша есептеледі:

$$D_{\text{опт}1} = \frac{C - C_p}{0,017}, \quad D_{\text{опт}2} = \frac{C - C_p}{0,018},$$

мұнда C - бастапқы судың сілтілік резерві, мг-экв/л;

C_p – коагуляция процесінен кейінгі судың берілетін сілтілік резерві, мг-экв/л.

Коагулянттың оптималды дозасын таңдағанда 2 жағдай болуы мүмкін:

а) Сілтілік резерв коагулянттың гидролизденуінен түзілетін қышқылды бейтараптауға жеткілікті: $C \geq 0,017 \cdot D_{\text{опт } 1}$; $C > 0,018 \cdot D_{\text{опт } 2}$.

б) Сілтілік резерв коагулянттың гидролизденуінен түзілетін қышқылды бейтараптауға жеткіліксіз: $C \leq 0,017 \cdot D_{\text{опт } 1}$; $C > 0,018 \cdot D_{\text{опт } 2}$.

Судың жеткіліксіз сілтілік резервінде оны жоғарылату үшін суды сілтілендіреді (ізбестейді). Судың 1 литрінде 2 г $\text{Ca}(\text{OH})_2$ немесе 1,5 г CaO ерітіледі.

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ гидролиздену процесі дұрыс өту үшін сілтінің дозасы келесі формуламен есептеледі:

$$X = 0,0175 \cdot D_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} - C_{\text{басм. H}_2\text{O}} + 1, \quad \text{мг/л CaO} = X \cdot 28.$$

4.2 Жұмысты орындау тәртібі

4.2.1 Коагулянттың оптималды дозасын анықтау

Көлемі 750-800 мл 7 колбаға коагуляцияланатын судың 500 мл кұйып, 40°C-ге дейін қыздырады. Содан кейін бюреткамен коагулянт ерітіндісін енгізеді. Әрбір колбаға қосылатын коагулянт мөлшерін оқытушы береді (коагулянт дозалары, мг/л: 25, 50, 100, 150, 200, 300, 400). Реагентті қосқаннан кейін колбалардағы ерітінділерді ақырын араластырып, 30 минутқа қойып қояды.

Осы уақытта бастапқы судың жалпы кермектілігін, жалпы сілтілігін, тотығушылығын және рН анықтайды.

30 минут өткеннен кейін әрбір колбадағы су ерітіндісін сүзіп, аталған су сапасының технологиялық көрсеткіштеріне анализ жасайды.

4.2.3 Коагуляция рН-ның оптималды мәндерін анықтау

Көлемі 750-800 мл 7 колбаға коагуляцияланатын судың 500 мл құйып, 40°С-ге дейін қыздырады. Коагулянт гидролизінде түзілетін қышқылды бейтараптау үшін коагулянт ерітіндісімен бірге ізбес сүті қосылады (концентрациясы 1 мг/мл). рН мәнін өзгерту үшін колбаларға СаО-ның әртүрлі мөлшерлері қосылады, мг/л: 3,75; 7,5; 15,0; 22,5; 30,0; 45,0; 60,0. Түзілген ерітінділерді 30 минутқа қойып қояды. Осы уақытта бастапқы судың жалпы кермектілігін, жалпы сілтілігін, тотығушылығын және рН мәнін анықтайды.

30 минут өткеннен кейін әрбір колбадағы су ерітіндісін сүзіп алып, аталған су сапасының технологиялық көрсеткіштеріне талдау жасалады.

4.4 Нәтижелерді талдау, қорытындылар

Жұмыс талдауы мыналарды қамтуы керек:

а) судың коллоидті қоспаларын технологиялық коагуляциялау процесі маңызының қысқаша сипаттамасы:

б) коагуляциялау процесі жүргізілген шарттарының қысқаша сипаттамасы;

в) талдауды жүргізу әдістемесі мен толық есептелуі;

г) қорытындылар.

Тәжірибе нәтижелерін 4.1 және 4.2 кестелерде келтіреді. Нәтижелер бойынша судың тотығушылығының коагулянт дозасы мөлшеріне (немесе рН мәніне) тәуелділік қисығын тұрғызады.

4.1 к е с т е - Коагулянт дозасының оптималды мөлшерлерін анықтау

Зерттелетін су	Сілтілік, мг-экв/л	Кермектілік, мг-экв/л		рН
		жалпы	карбонатсыз	
Бастапқы				
Коагуляциядан кейін				

4.2 к е с т е - рН-тың оптималды мәндерін анықтау

Зерттелетін су	Сілтілік, мг-экв/л	Кермектілік, мг-экв/л	
		жалпы	карбонатсыз
Бастапқы			
Коагуляциядан кейін			

№ 5 зертханалық жұмыс. Суды ізбестеу

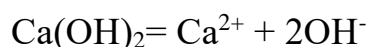
Жұмыстың мақсаты: ізбестеу процесін жүргізу үшін ізбестің оптималды мөлшерін анықтау.

5.1 Теориялық кіріспе

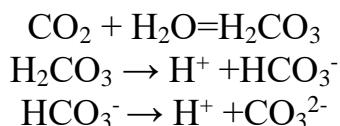
Избестеу әдісі – суды $\text{Ca}(\text{OH})_2$ избеспен өңдеу, коагуляция сияқты ерітіндіден нашар еритін қосылыстар (қатты фаза) түрінде бөлек қоспаларды бөліп алуда негізделген тұндыру әдістерінің бірі болып табылады.

Суды избескелегенде қатты фазаға келесі қоспалар ауысуы мүмкін: бос көмір қышқылы - CO_2 , бикарбонат-иондар - HCO_3^- , карбонат-иондар – CO_3^{2-} , кальций мен магний иондары. Сондықтан избестеуді декарбонизация әдісі (CO_2 кетіру), сілтілікті төмендету әдісі (CO_3^{2-} , HCO_3^- кетіру) және жұмсарту әдісі (Ca^{2+} мен Mg^{2+} концентрацияларын төмендету) ретінде қарастыруға болады.

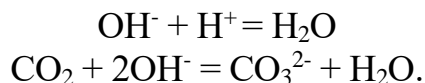
Избесті суға қосқанда диссоциациялану процесімен қатар судың Ca^{2+} және OH^- иондарымен байытылуы жүреді:



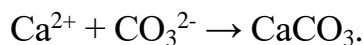
Нәтижесінде судың рН жоғарылап, көмір қышқылдық тепе-теңдікті оңға қарай ығыстырады:



Суды избеспен ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) өңдеу процесін келесі теңдеулермен өрнектеуге болады:



Избестің сәйкес дозасын қосқанда көмір қышқылының барлығы және бикарбонат-иондардың барлығы карбонат-иондарға (CO_3^{2-}) ауысады. Карбонат-иондардың концентрациясын жоғарылату нашар еритін кальций карбонатының түзілуіне әкеледі:



Бұл процесс кальций-иондары мен карбонат-иондар концентрацияларының көбейтіндісі кальций карбонатының ерігіштік көбейтіндісі мәнінен ($EK_{\text{CaCO}_3} = 4,8 \cdot 10^{-9} \text{ моль}^2 / \text{л}^2$) жоғары болғанда өтуі мүмкін, яғни

$$C_{\text{Ca}^{2+}} \cdot C_{\text{CO}_3^{2-}} \geq 4,8 \cdot 10^{-9} \text{ моль}^2 / \text{л}^2 \text{ шарты орындалғанда.}$$

Избестің мөлшерін CO_2 мен HCO_3^- -иондарын карбонат-иондарына толық ауыстыру үшін қажеттіден көбірек мөлшерде дозаласа гидроксид-иондарының концентрациясы жоғарылап, суда нашар еритін магний гидроксиді түзіледі:

$$T = 298 \text{ К-де} \quad EK_{Mg(OH)_2} = 5,5 \cdot 10^{-12} \text{ моль}^2/\text{л}^2,$$

яғни $C_{Mg^{2+}} \cdot C_{OH^-} = 5,5 \cdot 10^{-12} \text{ моль}^2/\text{л}^2$ шарты орындалғанда.

Судың ізбестенуіне қажетті ізбес дозасы келесі кейіптеме бойынша анықталады:

$$D_{Ca(OH)_2} = C_{CO_2}^{ucx} + C_{HCO_3^-}^{ucx} + C_{Mg^{2+}}^{ucx} + \alpha_{Ca(OH)_2}, \text{ мг} \cdot \text{экв} / \text{л}$$

$$D_{Ca(OH)_2} \cdot 37 = \text{ мг/л } Ca(OH)_2.$$

Избесті ізбес сүті $Ca(OH)_2$ түрінде дозалайды. $Ca(OH)_2$ ерітіндісінің концентрациясын мына формула бойынша есептейді

$$N_{Ca(OH)_2} = \frac{C}{1000 \cdot \alpha}, \text{ мг} \cdot \text{экв} / \text{л},$$

Ал ізбестеуге қажетті көлем:

$$V(CaOH)_2 = \frac{D_{Ca(OH)_2} \cdot 37 \cdot 500}{N_{Ca(OH)_2} \cdot 1000}, \text{ мл}.$$

5.2 Жұмысты орындау тәртібі

Избестің қажетті дозасын анықтау үшін бастапқы судың жалпы және кальцийлік кермектілігін, жалпы сілтілігін және бос көмір қышқылының концентрациясын анықтайды. Избестің артық мөлшерін $\alpha_{Ca(OH)_2} = 0,2 \text{ мг} \cdot \text{экв} / \text{л}$ тең деп алады.

Избестеу процесін жүргізу үшін $V = 750$ мл колбасына 500 мл су құйып, оны $70-80^\circ C_{Te}$ дейін қыздырады. Судың 500 мл өңдеуіне есептелген ізбес көлемін қосады. Колбадағы ерітіндіні 5 мин. араластырып, одан кейін 1 сағатқа қояды.

Тұндырылған суды қағаз сүзгісінен сүзіп, ізбестелген судың технологиялық көрсеткіштеріне анализ жүргізеді.

Бастапқы және өңделген судың көрсеткіштерін салыстырып, ізбестеу процесінің нәтижесінде су құрамының сапалы өзгеруі туралы қорытынды жасайды.

5.3 Нәтижелерді талдау, қорытындылар

Жұмыс талдауы мыналарды қамтуы керек:

- ізбестеу технологиялық процесінің қысқаша сипаттамасын;
- ізбестеуге қажетті ізбес дозасын есептеуді;
- ізбестеу процесін жүргізу шарттарының қысқаша сипаттамасы;
- қорытындылар.

Тәжірибе нәтижелерін 5.1 кестеде келтіреді.

5.1 к е с т е - Тәжірибе нәтижелері

Зерттелетін су	Кермектілік, мг·экв/л			Сілтілік, мг·экв/л		
	К _ж	К _{Са}	К _{Mg}	С _ж	С _{гидр}	С _{карб}
Бастапқы						
Ізбестелген						

№ 6 зертханалық жұмыс. Сүзгіш материалдардың қасиеттерін зерттеу

Жұмыстың мақсаты: әртүрлі сүзгіш материалдардың физикалық қасиеттерін зерттеу.

6.1 Теориялық кіріспе

6.1.1 Сүзгіш материалдар

Сүзгіш материалдарды сипаттайтын негізгі көрсеткіштерге олардың беріктігі мен түйіршіктілігі жатады. Сүзгіш материалының түйіршіктілігі сүзгі тиеуі жұмысының технологиялық мүмкіндіктерін анықтайтын маңызды сипаттамасы болып табылады. Сүзгіш материалы бөлшектерінің мөлшерлері туралы нұсқаулар оның түйіршіктілігін сипаттағанда жеткіліксіз болады. Мысалы, материал дәндерінің диаметрі 0,5-1,0 мм болса, бұл сипаттамаға түйіршіктіліктің әртүрлі қатынастары келуі мүмкін: 1) 5% - дәндерінің диаметрі 0,5-1,0 мм және 95% - дәндерінің диаметрі 0,8-1,0 мм; 2) 95% - дәндерінің диаметрі 0,5-0,6 мм және 5% - 0,6-1,0 мм. Бірінші материал ірі түйіршіктіге жатса, екіншісі – ұсақ түйіршікті болады. Әрине, мұндай материалдармен тиелген сүзгілердің жұмысы да әртүрлі болады.

Электр стансалары су дайындау қондырғыларының өнеркәсіптік сүзгілердің пайдалану тәжірибесінен сүзгіш материалы дәндерінің 0,6-0,8 мм аралығындағы орташа диаметрін ұсынуға болады (салмағы бойынша шаң тәрізді бөлшектердің мөлшері $\leq 1,0\%$, әр тектілік коэффициенті $\leq 2,0$).

Түйіршіктілікпен қатар сүзгі материалының маңызды көрсеткіштеріне оның механикалық және химиялық төзімділігі жатады. Механикалық төзімділік деп жуу кезінде дәндер бір-бірімен үйкеліс нәтижесінде сүзгі материалының тозуға, су температурасы тұрақсыз болғанда материалдың ұсақтануына және жуатын сумен бірге ұсақ бөлшектердің шығарылуына әкелетін дәндердің жарылуға қарсыласуын айтады.

Химиялық төзімділігі деп сүзгі материалының сүзілетін судың әсеріне төзімділігін айтады.

Электр стансалары мен өнеркәсіптік өндірістерде кеңінен таралған материалдарға кварц құмы мен ұнтақталған антрацит жатады.

Кварцтың механикалық төзімділігі антрациттікінен жоғары. Бірақ химиялық төзімділігі бойынша, әсіресе жоғары температура мен сілтілік ортада, кварц сүзгіде кремний қышқылының мөлшерін жоғарылатады, яғни

антрациттің химиялық төзімділігі кварцтікінен жоғары болады. Кварц құмымен салыстырғанда меншікті салмағы 2 есе төмен антрацит су дайындау қондырғысының өзіндік мұқтаждарына судың шығынын азайтуға мүмкіндік береді.

6.1.2 Суды механикалық сүзгі арқылы сүзу

Өңделетін су сүзгі материалы кеуектерінен өткенде оның бөлек ағыншалары әртүрлі зигзаг тәрізді жолдармен жүреді. Су сүзгі материалы дәндерінің бетімен үйкелісіп, қысымы мөлшерінің азаюымен сипатталатын қозғалысқа кедергіні еңсереді. Су қысымы мөлшерінің азаюы әдетте метр немесе миллиметр су бағанасымен өлшенеді (м.су бағ., мм.су бағ.). Сүзу материалына келетін судың қысымы су қысымы мөлшерінің азаюынан жоғары болу қажет.

Механикалық сүзгі жұмысының негізгі көрсеткіші – су қысымының азаюы. Бұл параметрдің өзгеруі және оны анықтау келесі факторларға тәуелді болады: 1) сүзу материалының гранулометрлік сипаттамасына; 2) сүзу материалы қабатының биіктігіне; 3) сүзу жылдамдығына; 4) сүзу материалы ластануының дәрежесіне. Аталған 4 факторлардың бірінші үшеуі берілген механикалық сүзгі үшін белгілі және азды-көпті тұрақты болып саналады. Сондықтан осы факторлардан туындайтын сүзгідегі су қысымы мөлшерінің азаюы да белгілі және тұрақты болады. Төртінші факторға, яғни сүзу материалы ластануының дәрежесіне келгенде, сүзгі жұмыс істеген сайын бұл мөлшер үздіксіз өседі де оған сәйкес сүзгідегі су қысымы азаюын жоғарылатады. Механикалық сүзгідегі су қысымы мөлшерінің азаюы екі бөліктен құрастырылады: 1) сүзу ортасы және сүзу жылдамдығымен анықталатын, қысымның бастапқы азаюы деп аталатын (яғни сүзгі материалы таза болған кезде); 2) сүзгіге келетін судағы қалқыған заттардың сипаттамасы және концентрациясымен анықталатын айнымалы шамамен.

Механикалық сүзгідегі су қысымы мөлшерінің азаюы берілген жағдайда соңғы максималды рауалы мәніне жеткенде немесе сүзгіден шығатын судың мөлдірлігі төмендеген кезде судың сүзуін тоқтатып, сүзгі материалындағы қалқыған заттарды кетіреді. Ол үшін сүзгіні судың кері ағынымен төменнен жоғары қарай жуады.

6.2 Тәжірибелік қондырғының сұлбасы және жұмысты орындау тәртібі

Тәжірибелік қондырғының сұлбасы 6.1- суретте келтірілген.

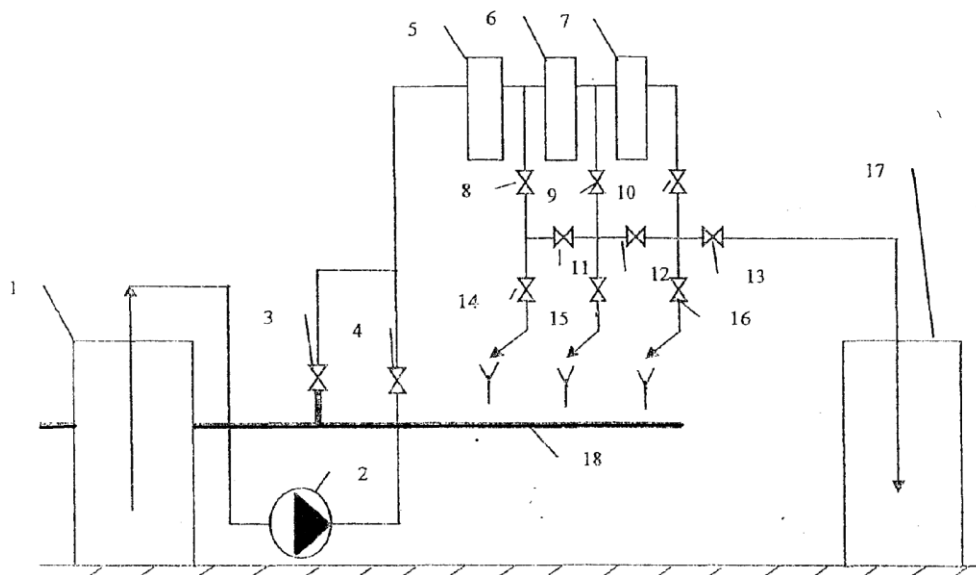
Бастапқы ерітіндінің күбісінде (1) оқытушының тапсырмасы бойынша зерттелетін су ерітіндісін дайындайды. Тапсырмаға байланысты 1, 2, 3 сатылардағы сүзгілерге зерттелетін сүзгі материалдары бар картридждер орнатылады. Сүзу материалы жұмысының параметрлерін анықтау үшін әрбір сатыдан кейін сынама алатын нүктелер орнатылған.

Жұмыс екі этапта орындалады. 1-ші этапта:

- а) Оқытушыдан бастапқы ерітіндіні дайындаудың параметрлерін алу.
- б) Картридждерді зерттелетін сүзгіш материалымен толтырып, сүзу қондырғысының сәйкес сатыларының корпустарына орнату.
- в) Зерттелетін сүзу материалына сәйкес берілген лайлылықтағы, кермектіліктегі және сілтіліктегі ерітіндіні дайындау.

2-этапта жұмысты қондырғыда орындап, көрсеткіштерді алады. Ол үшін:

- а) Сорғыны қосып, сүзгілерді сумен толтырады да, сонымен қатар әрбір сатыдағы ауаны ауа шығарғыштар арқылы шығарады.
- б) Уақыттың белгілі кезеңдерінде немесе судың белгілі көлемдері өткеннен кейін талдауға сынама алынады.
- в) Сүзу материалы ретінде кварц құмы, гидроантрацит, полипропилен жібі қолданылса, судың бастапқы және тәжірибелік мөлдірлігі мен лайлылығын анықтайды (шрифт немесе крест бойынша).
- г) Иониттерді зерттегенде талданатын сынамада жалпы кермектілік пен жалпы сілтілікті анықтайды.



- 1 – бастапқы ерітіндінің күбісі, 2 – сорғы, 3 – суқұбырын бекіту шүмегі,
4 — күбідегі бастапқы суды жіберетін шүмек, 5 — 1-ші сатыдағы сүзгі,
6 — 2-ші сатыдағы сүзгі, 7 – 3-ші сатыдағы сүзгі, 8 - 1 сатыдан шығардағы шүмек,
9 - 2 сатыдан шығардағы шүмек, 10 - 3 сатыдан шығардағы шүмек, 11, 12 – бекіту шүмегі,
13 – сүзгі қондырғысынан шығардағы бекіту шүмегі, 14 – 1-ші сатыдағы сынама алу шүмегі,
15 – 2-ші сатыдағы сынама алу шүмегі, 16 – 3-ші сатыдағы сынама алу шүмегі,
17 – сүзілген су күбісі, 18 – суды суқұбыры арқылы беру.

6.1 сурет – Тәжірибелік қондырғының сұлбасы

Бастапқы берілгендер мен алынған нәтижелерді 6.1-кестеге енгізеді.

6.3 Нәтижелерді талдау, қорытындылар

Жұмыс талдауы мыналарды қамтуы керек:

а) сүзгі материалдарының қасиеттерін анықтау көрсеткіштерінің сипаттамасын;

б) экспериментке дейін және одан кейінгі талданатын үлгідегі қалқыған заттардың мөлшерін, жалпы кермектілікті және жалпы сілтілілігін анықтау нәтижелерін;

в) қорытындыларды.

6.1 к е с т е - Тәжірибе нәтижелері

№	Сүзгіш материал	Қалқыған заттар мөлшері, мг/дм ³		K _ж , мг-экв/л		C _ж , мг-экв/л	
		Бастапқы суда	Сүзгіден шыққан суда	K _ж ^{баст}	K _ж ^{эксп}	C _ж ^{баст}	C _ж ^{эксп}
1	Полипропилен жібі						
2	Сульфокөмір						
3	Катионит КУ-2-8						

№ 7 зертханалық жұмыс. Суды ион алмасу әдісімен өңдеу

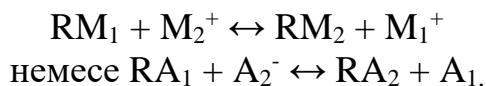
Жұмыстың мақсаты: суды катиондау процесін зерттеп, катиониттің жұмыстық алмасу сиымдылығын анықтауды үйрену.

7.1 Теориялық кіріспе

Ион алмасу деп ерітінді мен ионит арасында зарядтарының таңбалары бірдей болатын иондармен эквиваленттік алмасу процесін айтады.

Иониттер ретінде ион алмасу процестерінде жоғары сорбциялық қасиеттері бар заттар кеңінен қолданылады. Иониттер - құрамындағы оң және теріс зарядталған иондарын ерітіндідегі иондарға эквиваленттік мөлшерлерде алмасуға қабілетті заттар. Алмасатын иондар зарядының таңбасына қарай иониттер катиониттер мен аниониттерге бөлінеді.

Жалпы түрінде ион алмасу процесін келесі теңдеулер түрінде өрнектеуге болады:



мұнда RM_1 , RA_1 – сәйкесінше катионит пен анионит, M_2^+ мен A_2^- - зерттелетін ерітіндінің катионы мен анионы.

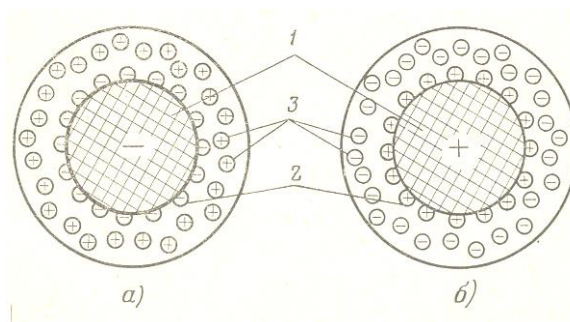
Иониттердің қасиеттеріне көптеген табиғи және жасанды заттар ие, олардың ішінде кеңінен ион алмасу шайырлары қолданылады. Ион алмасу

шайырлары – ион алмасу реакцияларына қабілетті арнайы функционалды топтары бар ерімейтін жоғары молекулалық қосылыстар.

Иониттердің ерітіндідегі иондармен алмасуға қабілеттілігі олардың құрылымына байланысты. Иониттер бастапқы заттар ретінде сополимерлену реакциясы бойынша стиролдан және тізбекті полистиролды көлденең тігу үшін оған қосылған 8 % дивинилбензолдан алынатын ерімейтін қатты матрицадан тұрады. Дәндер түрінде алынған көміртектік тізбектерінің кеңістіктік торы – матрица суға салынған кезде оның полярлы молекулаларымен әрекеттесіп, өзінің көлемін 1,1-2,0 есе ұлғайтады. Осылайша алынған матрицаны химиялық реагенттермен өңдеп, оған ерітінділерде диссоциациялануға қабілеттілігі бар арнайы функционалды топтарды енгізеді.

Ионитті валенттік күштермен немесе тор күштерімен байланған каркас түрінде елестетуге болады. Каркастың зарядын қалпына келтіретін иондар қарсы иондар деп аталады. Бұл қарсы иондардың каркас аралығында белгілі қозғалмалылығы болады. Қарсы иондардың тек бір ғана (*A*) түрі бар ионитті иондардың басқа (*B*) түрі бар ерітіндіге салса, *A* иондары иониттен ерітіндіге ауысады да, *B* иондары эквиваленттік мөлшерде ерітіндіден ионитке ауысады. Тепе-теңдік жағдайында ионит пен ерітіндіде ион алмасу тепе-теңдігінің тұрақтысымен анықталатын белгілі мөлшерлік қатынаста *A* және *B* иондары болады.

Матрицада бекітілген ион (функционалды топтың бөлігі) зарядтың түзілуін анықтап, потенциалтүзуші ион деп аталады. Каркастың заряды қарсы иондар деп аталатын қарама-қарсы таңбалы иондар зарядымен орнын толтырады. Қарама қарсы иондар диффузиялық қабатты құрап, матрицаның айналасында қозғалады да осындай таңбасы бар басқа иондарға ауыстырылуы мүмкін.



а) катионит

б) анионит

1 – матрица; 2 – потенциал анықтаушы иондар;

3 – диффузиялық қабаттың иондары

Сурет 7.1 – Ионит молекуласының құрылысы

Ион алмасуға қабілеттілік иониттердің құрамындағы функционалды топтарына байланысты болады. Катиониттерде бұл топтар қышқылдықтарға жатады: $-\text{SO}_3\text{H}$ (сульфотобы), $-\text{COOH}$ (карбоксил тобы), аниониттерде –

негіздіктерге. Сульфотоптары бар монофункционалды катиониттер күшті қышқылды болады (күшті диссоциацияланатын), ал карбоксил топтары бар – әлсіз қышқылды болады (әлсіз диссоциацияланатын). Күшті қышқылды катиониттер (мысалы, КУ-2-8) иондарымен рН-тың кез келген мәндерінде алмасады, өйткені олардың функционалды топтары күшті қышқылдардай рН-тың кез келген мәндерінде диссоциацияланады. Әлсіз қышқылды функционалды топтар қышқылдық ортада диссоциацияланбаған түрінде қалатындықтан бұл жағдайда карбоксил катиондарының ион алмасуға қабілеттілігі төмендейді. Сондықтан оларды $pH \geq 7$ ерітінділерді өңдеуде қолданады. Сульфокөмір катионитінде функционалды топтарының екеуі де бар болатындықтан, оны орташа қышқылдыларға жатқызады.

Иониттердің сапасы ион алмасу технологиялардың тиімділігі мен нәтижелілігін анықтайтын физикалық және химиялық қасиеттерімен сипатталады.

Негізгі физикалық қасиеттеріне - гранулометриялық құрамы (дәндердің мөлшері), үйілген массасы, механикалық төзімділігі мен осмостық тұрақтылығы, ионит құрылымы мен сулы ерітінділерінде ісіну дәрежесі жатады.

Химиялық қасиеттеріне - химиялық тұрақтылығы, қышқылдығы (катиониттер үшін) немесе сілтілігі (аниониттер үшін), алмасу сыйымдылығы, сіңірілетін иондарды судан берілген тереңдікте кетіруде реагенттер мен жуатын судың меншікті шығыны, термиялық және радиациялық тұрақтылықтары жатады.

Әрбір катиониттің сүзгі циклі кезінде катион алмастыра алатын катиондар мөлшерімен өрнектелетін белгілі алмасу қабілеттілігі болады. Катиониттің алмасу сыйымдылығы суда ісінген (жұмыстық) күйде болатын катиониттің 1 м^3 -іне ұсталған катиондардың грамм- эквиваленттерімен өлшенеді.

Суды жұмсартатын катионит қабаты жұмыс қабаты (немесе жұмсарту аймағы) деп аталады. Суды әрі қарай сүзу кезінде катиониттің жоғарғы қабаттары тозады да, алмасу қабілеттілігін жоғалтады. Бұл кезде ион алмасуға катиониттің төменгі қабаттары түсіп, жұмсарту аймағы да бірте-бірте төменірек жылжиды.

Біраз уақыттан кейін үш аймақ байқалады: жұмыс істейтін, тозған және жаңа катионит қабаттары. Жұмсарту аймағының төменгі шекарасы катиониттің төменгі қабатымен сәйкес келгенше фильтраттың кермектілігі тұрақты болады. Содан кейін Ca^{2+} және Mg^{2+} катиондары фильтратқа «өтіп кетеді» және қалдық кермектілік бастапқы судың кермектігіне тең болғанша артады.

Алмасу сыйымдылығы деп иониттің массасы (г-экв/кг) немесе көлемі (г-экв/м³) бірлігімен сіңірген иондарының мөлшерін айтады. Катиониттің толық және жұмыстық алмасу сыйымдылығын ажыратады.

Иониттің толық алмасу сыйымдылығы деп фильтраттың кермектігі

судың бастапқы кермектілігімен теңескен сәтке дейін катиониттің 1 м³ ұстай алатын кальций мен магний катиондарының мөлшері аталады.

Бұл катиониттің толық тозғанын көрсетеді.

Иониттің жұмыстық алмасу сиымдылығы деп кермектілік тұзының катиондары фильтратқа «өтіп кеткенге дейін» катиониттің 1 м³ ұстап қалатын Са²⁺ және Mg²⁺ катиондарының мөлшерін айтады.

Катиониттің жұмыстық алмасу сиымдылығын мына формула бойынша анықтайды:

$$E_p = Q \cdot J_{\text{баст}} / a \cdot h_k \quad [\text{г-экв/м}^3]$$

мұнда Q – жұмсартылған судың мөлшері, м³;

$J_{\text{баст}}$ – бастапқы су кермектілігі, г-экв/м³;

a – катионит сүзгісінің ауданы, м²;

h_k – катионит қабатының биіктігі, м.

Жұмыстық алмасу сиымдылығы таусылғаннан кейін катионитті регенерациялайды, яғни оның жұмыстық алмасу қабілеттілігін бастапқы қалпына келтіреді. КУ-2-8 күшті қышқылды катиониттің регенерациялауын 1-4 М күкірт қышқылы ерітіндісімен, азот қышқылының 4 М ерітіндісімен немесе 1-4 М (NH₄)₂C₂O₄ аммоний оксалаты ерітіндісімен жүргізеді.

7.2 Катиониттің жұмыстық алмасу сиымдылығын анықтау

Штативта тік орнатылған көлемі 25 мл шыны бағанасына (бюреткаға) тегіс және тығыз етіп 5 г катионит салады. Катионитті дистилленген сумен сулайды. Бюретканы қанықтыратын металл ионы ерітіндісі бар (кермектілігі 5 мг-экв/дм³ кальций тұзының ерітіндісін) Мариотт ыдысына жалғайды. Бағана шүмегінің астына өлшеуіш цилиндр қойып, талдауға бағанадан шығатын ерітіндінің (фильтраттың) сынамаларын (әрқайсысы 10 мл-ден) алып бастайды. Фильтраттың бағанадан ағу жылдамдығы 3-4 мл/мин тең болуы керек. Тәжірибені жүргізу кезінде катионит қабатында ауа көпіршіктері болмау керек.

Бағанадан ағып жатқан фильтраттың сынамаларын 10 мл көлемінде бөлек алады, олардың әрқайсысында кальцийлік кермектілікті анықтайды (мг-экв/дм³).

Катиониттің жұмыстық алмасу қабілеттілігіне жеткен кезде катиондау процесі тоқтатылады.

Катионитті регенерациялау үшін ионит бойымен жылдамдығы 5-6 мл/мин концентрациясы $C_0 = 0,25$ моль/л аммоний оксалаты ((NH₄)₂C₂O₄) ерітіндісін жібереді. Регенерация процесін регенерат (регенерациядан шығатын ерітінді) талдауы ондағы кальций иондарының жоқтығын көрсеткенге дейін жүргізеді.

Регенерация процесі аяқталғаннан кейін ионитті дистилденген сумен жуады. Элюатты (сумен жуғаннан кейінгі ерітінді) стаканға жинайды және метилоранж индикаторымен ондағы қышқылдың (H^+) бар-жоқтығын тексереді. Сумен жуу процесін су қышқылсыз болғанша жүргізеді.

7.3 Нәтижелерді талдау, қорытындылар

Жұмыс талдауы мыналарды қамтуы керек:

- а) суды жұмсартудың ионалмасу технологиясын сипаттау;
- б) катиониттің жұмыстық алмасу сиымдылығын анықтауды орындау;
- б) катиониттің жұмыстық алмасу сиымдылығын есептеу нәтижелері;
- в) қорытындылар.

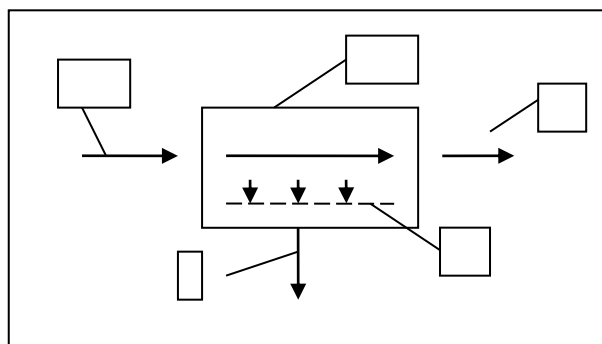
№ 8 зертханалық жұмыс. Суды кері осмос әдісімен тұзсыздандыру

Жұмыстың мақсаты: кері осмостық қондырғыда суды минералсыздандырудың мембраналық әдісін зерттеп, терең тұзсыздандырылған суды алу.

8.1 Теориялық кіріспе

Кері осмос деп ерітіндіні жартылай өткізгіш мембраналар арқылы өткізгенде еріген заттары мембранада ұсталып қалып, ал еріткіштің мембранадан өтуіне негізделген бөлу процесін айтады. Бұл әдіс сұйық қоспаларды бөлуде, суды тазарту мен тұщыландыруда кеңінен қолданылады.

Тұзсыздандыру – тұз мөлшері дистилленген судыкінен төмен болатын терең тұзсыздандырылған суды алудың минералсыздандыру процесі.



Сурет 8.1 – Суды кері осмостық тұзсыздандыру процесінің қағидалы сұлбасы

Бұл сұлба бойынша еріген заттар мембрана бетінен үздіксіз әкетілу тиісті. Бастапқы ерітінді (1) жартылай өткізгіш мембраналары (2) бар кері осмостық қондырғыда (2) екі ағынға бөлінеді: еріген заттарынан тазартылған фильтрат (4) (немесе пермеат) және бастапқы ерітіндімен салыстырғанда еріген заттар мөлшері жоғарырақ болатын концентрат (5).

Бөлудің қозғаушы күші қысым болып келетіндіктен, кері осмос баромембраналық процеске жатады. Кері осмоста арнайы қасиеттері бар мембраналар қолданылады. Олардың ішінде негізгілері және міндеттілері – мембрананың селективтілігі мен меншікті өндірулігі.

Селективтілік деп мембрананың қоспа компоненттерін әртүрлі өткізгіштікпен бөлу қабілеттілігін айтады.

Жартылай өткізгіш мембраналар арқылы бөлу процесінің селективтілігі ϕ (%) келесі формуламен анықталады

$$\phi = (x_1 - x_2) / x_1 \cdot 100 = (1 - x_2/x_1) \cdot 100 \quad (1),$$

мұнда x_1 және x_2 – еріген заттың бастапқы қоспа мен фильтраттағы концентрациялары.

Тұздар ерітінділерін бөлгенде немесе концентрлегенде ϕ шамасын кейде тұздылық коэффициенті немесе мембрананың тұздылығы деп атайды.

Меншікті өндірулік (q , м³/м²·сут) – уақыт бірлігінде мембрана ауданы бірлігінен өтетін көлемді ағын. Мембраналардың меншікті өндірулігі ерітіндінің сүзу жылдамдығымен (V) келесі қатынаспен байланысады

$$V = 11,6 \cdot 10^{-6} q \quad (2)$$

және мембрананың затты ұстап қалу қабілеттілігіне байланысты

$$R = 1 - C_\phi / C_0 \quad (3)$$

Ерітіндінің жартылай өткізгіш мембрана арқылы сүзілу жылдамдығы сүзу қысымымен және тұзсыздандырылатын су мен фильтраттың шамаларымен келесі қатынаспен байланысады: $V = k_0 (p - \Delta\pi)$.

Ерітіндінің осмостық қысымы еріген зат табиғатына, ерітінді концентрациясы мен температурасына тәуелді. Ерітінді концентрациясы мен температурасы өскен сайын осмостық қысымы да жоғарылайды.

Кері осмос селективтілігі мен жылдамдығына әсер етуші негізгі факторлар: жұмыстық қысым, аппараттағы гидродинамикалық режим, бөлінетін ерітіндінің табиғаты мен концентрациясы, температурасы, сонымен қатар мембраналар жұмысының ұзақтығы.

Кері осмос процесінің жұмыстық қысымы әдетте 3-10 МПа құрайды. Мұндай қысым кері осмос технологиясын қиындатады (мысалы, ультрасүзудің жұмыстық қысымы 0,3-1 Мпа). Қысымды таңдау меншікті өндірулікті қамтамасыз ету шартына ғана емес, ерітіндінің осмостық қысымына да байланысты.

Көптеген жағдайларда кері осмос әдісін бір валентті тұздар үшін концентрациясы 5-10%, екі валентті - 10-15%, ал көп валенттілер үшін - 15-20% құрайтын электролит ерітінділерін тазартуда тиімді қолдануға болады. Органикалық заттар ерітінділері үшін бұл интервал кеңірек және зат молекулалары мөлшерлері мен оның мембранамен әрекеттесу дәрежесіне тәуелді болады.

Сулы ерітінділерді бөлу, тазарту және концентрлеуде кеңінен қолданылатын ацетатцеллюлозалық мембраналар $\approx 60^\circ\text{C}$ -де бұзылады. Сондықтан мұндай мембраналарды қолданғанда бөлмелік температуралардың

шектерінен аспау қажет.

Тұнбаның түзілуін болдырмау үшін минералсыздандырылатын ерітіндіні алдымен табиғаты әртүрлі қоспалардан тазартады: дисперсті бөлшектерден, макромолекулалардан, микроорганизмдерден, органикалық заттардан, яғни алдын ала тазартуды жүргізеді.

8.2 Суды тұзсыздандырудың кері осмостық мембраналары

Жартылай өткізгіш мембраналар кері осмостық қондырғының негізгі элементі, оған процестің тиімділігі мен қолданудың мүмкін аймағы тәуелді болып табылады. Кері осмостық мембраналар әртүрлі полимерлі материалдардан жасалады: полиамидтерден, полиуретандардан, поликарбонаттардан, полиакрилнитрилден, жай және күрделі эфирлерден, целлюлозадан ж.т.б. Қазіргі кезде ацетилцеллюлозадан (ацетаттық) және хош иісті полиамидтен жасалған мембраналар кеңінен таралған.

Материалдың ішінде электр статикалық зарядтың таралуы бойынша мембраналар ионогенсіз, ионактивті (катион және анионактивті) және өрнектіге (мозаикалық) бөлінеді. Ионогенсіз мембраналарға көптеген полимерлі мембраналар (оның ішінде ацетилцеллюлозалық) жатады. Ионактивті қасиеттер жуылатын (динамикалық) мембраналарда пайда болады. Мозаикалық мембраналар кезектесетін анионактивті және катионактивті зоналардан тұрады. Мозаикалық мембраналар арқылы сүзу процесі *пьезодиализ* деп аталады.

Суды кері осмостық тұзсыздандыру стансаларының технологиялық сұлбаларына келесі элементтер кіреді:

- 1) кері осмостық тұзсыздандырудың алдындағы бастапқы суды алдын ала дайындау қондырғысы;
- 2) кері осмостық тұзсыздандыру қондырғысы;
- 3) кері осмостық қондырғысынан шығатын концентратты өңдеу қондырғысы;
- 4) фильтратты өңдейтін қондырғы;
- 5) станса жұмысын бақылап, автоматтық және қолмен басқару жүйелері.

Суды дайындауда кері осмосты пайдалану суаттардың ластануын азайтуға және иониттердің жаңғыртуында қолданылатын реагенттердің мөлшерін азайтуға мүмкіндік береді.

8.3 Эксперименталды қондырғының сипаттамасы және жұмысты орындау тәртібі

Тәжірибелік қондырғының сұлбасы 8.2 - суретте келтірілген.

№1 күбінде оқытушының тапсырмасы бойынша зерттелетін судың ерітіндісі дайындалады. Сүзгілер мен кері осмостық мембрана жұмысының

параметрлерін анықтау үшін әрбір сатыдан кейін манометрлер мен сынама алу крандары орнатылған.

Жұмыс тәртібі:

а) тұз мөлшері белгілі бастапқы ерітіндіні дайындайды;

б) № 5 кранды ашып, бастапқы ерітіндіні жіберетін №2 сорғыны қосады. Бұл кезде № 3 кран жабық болу керек. Сүзгілерді сумен толтырады. Ол үшін № 12, 16, 21, 18 крандарды ашады, № 11, 15, 20 крандарды жабады немесе бастапқы су құбырының №3 кранын ашады (онда №2 сорғыны өшіреді);

в) уақыттың белгілі аралықтарында немесе өткізілген судың белгілі көлемдерінде талдауға сынама алынады;

г) суды жүзгін дисперсті механикалық қоспалардан тазартатын 1 сатыдағы сүзгіден өткен суды зерттеу үшін: 1) 1 сатыдан кейін № 11 сынама алынатын кранын ашады; 2) 2 сатының алдындағы № 12 кранды жабады;

д) суды органикалық қоспалардан тазартатын 2 сатыдағы карбон сүзгісінен өткен суды зерттеу үшін: 1) № 12 кран және сынама алынатын № 15 кранды ашады; 2) № 11 сынама алынатын және 3 сатының алдындағы № 16 крандарды жабады;

е) тұздардан тазартатын 3 сатыдағы кері осмостық мембранадан өткен суды зерттеу үшін: 1) № 12, № 16 және сынама алынатын № 20 крандарды ашады; 2) № 11, № 15 сынама алынатын крандарды және 4 сатының алдындағы № 21 кранды жабады;

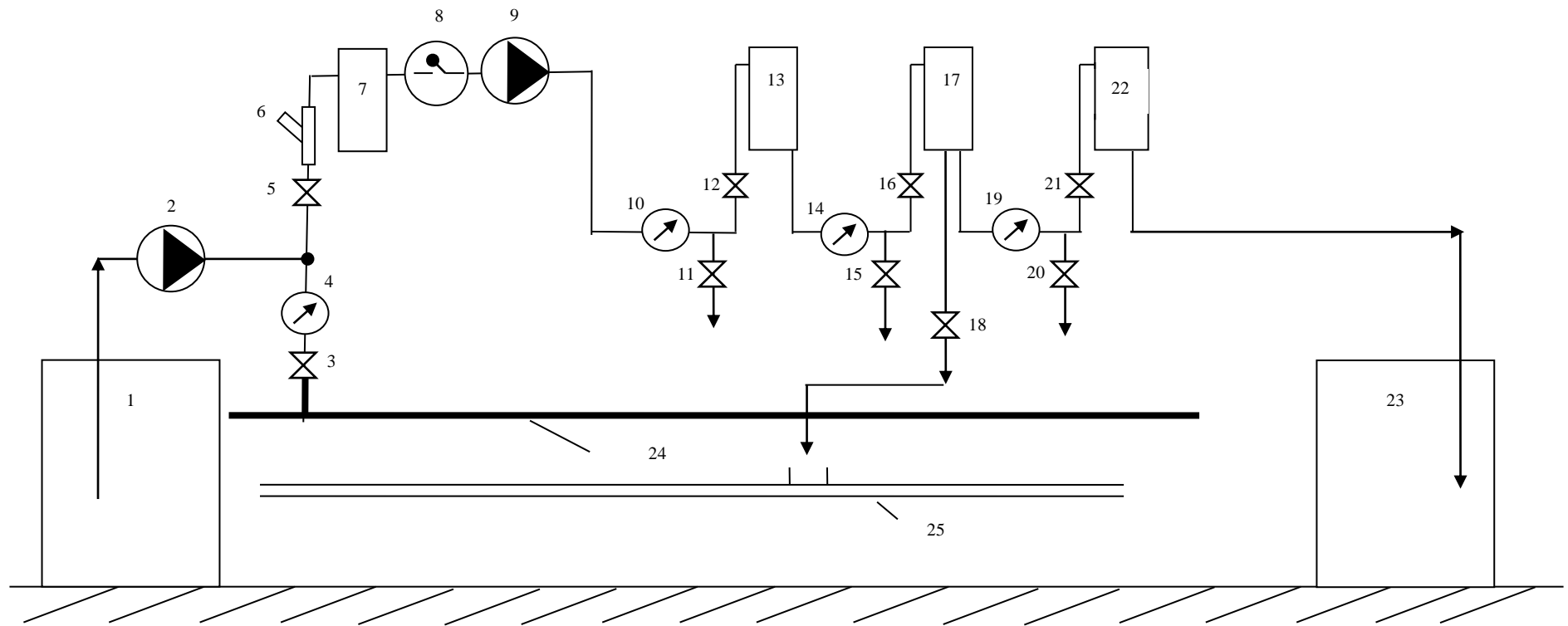
ж) дәмдік сапасын жақсартатын 4 сатыдағы карбон сүзгісінен өтетін суды зерттеу үшін : 1) № 11, 15, 20 сынама алынатын крандарды жабады; судың сынамасын 4 сатыдан шығу жерінен алады;

и) судың сапасын зерттегенде талданатын сынамаларда кермектілікті, сілтілікті және жалпы тұздылығын анықтайды. Бастапқы берілгендер мен алынған нәтижелерді 14.1-кестеде келтіреді.

Ескерту: тәжірибелік қондырғы жұмыс істеген кезде №18 сынама алу краны ашық болу қажет.

Тәжірибелік қондырғыны өшіру:

1. №18 краннан басқа крандардың барлығын жабады;
2. № 2 және 9 сорғыларды электр тораптан айырады;
3. №3 (бастапқы ерітіндіні жіберетін) және №5 (бастапқы су құбырын ашатын) вентильдерді жабады;
4. крандардың барлығын жабады.



1 - бастапқы су күбісі; 2 - бастапқы ерітіндіні жіберетін сорғы; 3 - қала суқұбыры желісінің жабатын қраны; 4 - бастапқы суды жіберетін желісінен қысымды өлшейтін манометр; 5 - бастапқы суды жіберетін желісін жабатын қран; 6 - сүзгі-тор; 7 - седименттік сүзетін элемент (1 саты); 8 - құбырдағы қысым сорғысын қосу/айыру құрылғысы; 9 - электрлік тарту сорғысы; 10 - 1 сатыдан кейін қысымды өлшейтін манометр; 11 - 1 сатыдан кейін сынама алу қраны; 12 - 2 сатының алдындағы жабатын қран; 13 - карбон сүзгі элементі (2 саты); 14 - 2 сатыдан кейін қысымды өлшейтін манометр; 15 - 2 сатыдан кейін сынама алу қраны; 16 - 3 сатының алдындағы жабатын қран; 17 - кері осмотық мембрана (3 саты); 18 - 3 саты дренажын жабатын қран; 19 - 3 сатыдан кейін қысымды өлшейтін манометр; 20 - 3 сатыдан кейін сынама алу қраны; 21 - 4 сатының алдындағы жабатын қран; 22 - карбон сүзгі элементі (4 саты); 23 - сүзілген су күбісі; 24 - бастапқы суды жіберу желісі; 25 - дренаж желісі

8.2 сурет – Тәжірибелік қондырғының сұлбасы

Кері осмостық қондырғыда жұмысты орындау кезінде:

а) уақыттың берілген аралықтарында (немесе судың берілген көлемдерінде) карбон сүзгісі мен кері осмостық мембранадан кейін судың сынамалары мен концентрат сынамалары талдауға алынады;

б) кері осмостық қондырғы жұмысы аяқталғанда бастапқы су мен талданатын сынамалардың жалпы кермектілігі мен сілтілігі анықталады.

Бастапқы берілгендері мен алынған нәтижелерді 8.1-кестеге енгізеді.

8.4 Нәтижелерді талдау, қорытындылар

Жұмыс талдауы мыналарды қамтуы керек:

а) кері осмоспен суды тазарту технологиясының сипаттамасы;

б) тәжірибелік қондырғыда жұмыстарды орындау тәртібі;

б) бастапқы ерітіндідегі, концентраттағы, көміртекті сүзгіден кейінгі және кері осмос мембранасынан кейінгі ерітіндінің жалпы сілтілігі мен кермектілігін, селективтілігін анықтау нәтижелері;

в) қорытындылар.

8.1 кесте – Тәжірибе нәтижелері

№	V, л	C _ж , мг-экв/л	K _ж , мг-экв/л	φ, %
Бастапқы ерітінді				
Карбон сүзгісінен кейін алынған су				
Мембранадан кейін алынған су				
Концентрат				

Әдебиеттер тізімі

1. Копылов А.С., Очков В.Ф., Чудова Ю.В. Процессы и аппараты передовых технологий водоподготовки и их программированные расчеты. - М.: Издательство МЭИ, 2009. - 222 с.
2. Павлинова, И. И. Водоснабжение и водоотведение : учебник и практикум для вузов. 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. - 380 с. <https://urait.ru/viewer/vodosnabzhenie-i-vodootvedenie-449931#page/1>
3. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов. - М.: Издательство МЭИ, 2006. -309 с.
4. Сомов М.А., Журба М.Г. Водоснабжение. – М.: Изд.ассоц.строит.вузов, 2010, т. 1,2.
5. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка. – М.: Изд.ассоц.строит.вузов, 2007. - 655 с.
6. Стерман Л.С., Покровский В.Н. Физические и химические методы обработки воды на ТЭС: Учебник для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 328 с.
7. Громогласов А.А., Копылов А.С., Пильщиков А.П. Водоподготовка: Процессы и аппараты: Учебное пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 272 с.
8. Белан Ф.И. Водоподготовка.- М.: Энергия, 1979. - 208 с.
9. Вихрев В.Ф., Шкроб М.С. Водоподготовка. - М.: Энергия, 1973. - 420 с.
10. СТ НАО 56023-1910-04-2020. Учебно-методические, учебные и выпускные работы. – Алматы, 2020. -49 с.

Мазмұны

Кіріспе	3
№1 зертханалық жұмыс. Судың мөлдірлігі. Қалқыған заттар мөлшерін анықтау	4
№ 2 зертханалық жұмыс. Судың кермектілігін анықтау	6
№ 3 зертханалық жұмыс. Судың сілтілігін анықтау	12
№ 4 зертханалық жұмыс. Судағы коллоидті-дисперсті қоспаларды коагуляция әдісімен кетіру	15
№ 5 зертханалық жұмыс. Суды ізбестеу	17
№ 6 зертханалық жұмыс. Сүзгіш материалдардың қасиеттерін зерттеу	20
№ 7 зертханалық жұмыс. Суды ион алмасу әдісімен өңдеу.....	23
№ 8 зертханалық жұмыс. Суды кері осмос әдісімен тұзсыздандыру	27
Әдебиеттер тізімі.....	33

Туманова Айтбала Айтеновна
Идрисова Қарлығаш Садыровна

СУДЫ ДАЙЫНДАУДЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ТӘСІЛДЕРІ

6B07103 – «Жылуэнергетика» білім беру бағдарламасы бойынша оқитын барлық оқу түрінің бакалавриат студенттері үшін зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар

Редактор:
Стандарттау бойынша маман:

Изтелеуова Ж.Н.
Ануарбек Ж.А.

Басылымға қол қойылды __.__.__.
Таралымы 50 дана.
Көлем – 2,0 оқу- бас.ә.

Пішімі 60x84 1/16
Баспаханалық қағаз№ 1
Тапсырыс ____ Бағасы 1000 тг.

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірме – көбейткіш бюросы
050013 Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126/1