ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

М.ӘУЕЗОВ атындағы ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН МЕМЛЕКЕТТІК УНИВЕРСИТЕТІ

ДЖАНМУЛДАЕВА Ж.К.

«СУ ДАЙЫНДАУДЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ТӘСІЛДЕРІ»

ОҚУ ҚҰРАЛЫ

Оқудың барлық түрлері бойынша
5В072000, 5В072100, 5В071700, 5В060800, 5В073100, 5В080500
мамандықтарының студенттеріне арналған

Шымкент, 2015

ӘОЖ 77.027.4 (075.8)
КБЖ 31.37
Ж-26

Джанмулдаева Ж.К. «Су дайындаудың физика-химиялық тәсілдері»/ Оқу құралы.- Шымкент: М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, 2015. - 104б.

Оқу құралының құрамына өнеркәсіптік су дайындаудың негізгі физика-химиялық тәсілдері, жылу желілеріндегі судайындау тәсілдері; жылуэнергетикалық өнеркәсіптердің ағызынды суларының сипаттамасы және оларды тазарту мен залалсыздандыру тәсілдері туралы мәліметтер берілген. Оқу құралы таңдау бойынша базалық «Су дайындаудың физика-химиялық тәсілдері» пәнінің бағдарламасына сәйкес құрастырылған.
Оқу құралы 5В072000, 5В072100, 5В071700, 5В060800, 5В073100, 5В080500 мамандықтарының студенттеріне арналған.

Пікір білдірушілер:
Абишева Р.Д. – т.ғ.к., доцент, Оңтүстік Қазақстан Педагогикалық Институтының Сертификаттау және аккредиттау бөлімінің бастығы
Кенжебаева Г.С.– т.ғ.к., доцент, М.Әуезов атындағы ОҚМУ “Суресурстар, жерді пайдалану және агоротехника” кафедрасының меңгерушісі
Орымбетов Э.М. - т.ғ.к., доцент, М.Әуезов атындағы ОҚМУ ТПжА кафедрасының доценті

Оқу құралы М.Әуезов атындағы ОҚМУ-ң Әдістемелік кеңесімен баспаға ұсынылған (№ хаттама, .2015ж.).

© М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, 2015ж.

МАЗМҰНЫ

Алғы сөз..... 6
Кіріспе..... 8
1 бөлім. Жылу энергетикасындағы су..... 9
1.1 Жылуэнергетикада судың қолданылуы..... 9
1.2 Су мен будың физика-химиялық қасиеттері..... 12
1.3 Табиғи сулардың жалпы сипаттамасы..... 12
1.4 Табиғи суларды жіктеу және олардың құрамындағы қоспалар..... 13
1.5 Табиғи және технологиялық сулардың негізгі сапалық көрсеткіштері..... 15
1.6 Жылуэнергетикалық өнеркәсіптерде судың сапасына қойылатын талаптар..... 17
1.7 Бақылау сұрақтары..... 18
2 бөлім. Суды алдын-ала тазарту..... 19
2.1 Суды коагуляция тәсілімен тазарту..... 19
2.1.1 Суды алдын-ала тазарту туралы жалпы мәліметтер..... 19
2.1.2 Коагуляция және коагуляция процесінің механизмі. 20
2.1.3 Коагуляция процесінің сатылары..... 21
2.1.4 Коагуляция процесін қарқындату..... 22
2.2 Суды ізбестеу тәсілімен тазарту..... 23
2.2.1 Ізбестеу және ізбестеу процесінің механизмі. 23
2.2.2 Ізбестелеген судың сапасы және ізбестеу процесінің нәтижелілігі..... 24
2.2.3 Әк-содалы тәсілді қолдану..... 25
2.2.4 Суды алдын-ала дайындаудың реагенттік тәсілдерін бірге қолдану..... 26
2.3 Суды сүзу тәсілімен тазарту..... 27
2.3.1 Суды сүзу тәсілімен тазарту, сүзу түрлері..... 27
2.3.2 Сүзуші материалдар және оларға қойылатын талаптар..... 28
2.3.3 Сүзгілерді жіктеу..... 31
2.3.4 Бірағынды сүзгінің құрылысы, жұмыс істеу принципі және есептеу негіздері..... 31
2.4 Бақылау сұрақтары..... 33
3 бөлім. Суды тұзсыздандыру..... 35
3.1 Суды тұзсыздандырудың ионалмасу тәсілдері..... 35
3.1.1 Суды тұзсыздандыру тәсілдерін жіктеу..... 35
3.1.2. Ионалмасу процесінің физика-химиялық негіздері. 35

3.1.3 Ионалмасу материалдары және олардың сипаттамасы. 37
3.2 Ионалмасу технологиясы..... 40
3.2.1 Na-катиондау процесінің механизмі..... 40
3.2.2 Н-катиондау процесінің механизмі..... 41
3.2.3 Аниондау және процестің механизмі..... 42
3.2.4 Иониттерді регенерациялау..... 43
3.2.5 Ионитті сүзгілердің түрлері және оларды салыстыру..... 44
3.2.6 Ионитті су дайындаудың аз ағынды үлгілері..... 46
3.3 Суды тазартудың мембраналық тәсілдері..... 47
3.3.1 Суды кері осмос тәсілімен тазарту механизмі..... 47
3.3.2 Тура және кері осмос процесінің принциптік үлгісі..... 47
3.3.3 Мембраналардың түрлері мен қасиеттері..... 48
3.4 Суды электродиализ тәсілімен тазарту……..... 50
3.4.1 Электродиализ процесінің физика-химиялық негіздері..... 50
3.4.2 Ионалмасу мембраналарына қойылатын талаптар..... 51
3.4.3 Ионалмасу мембраналарының түрлері..... 56
3.5 Суды тазартудың термиялық тәсілдері..... 56
3.5.1 Дистилляция процесінің физика-химиялық негіздері..... 56
3.5.2 Буландыру қондырғыларының құрылысы мен жұмыс істеу принципі..... 57
3.6 Буландыру қондырғыларындағы қақ түзілуді болдырмау тәсілдері..... 60
3.6.1 Қақ түзілуді болдырмаудың физикалық тәсілдері..... 60
3.6.2 Қақ түзілуді болдырмаудың физика-химиялық тәсілдері..... 61
3.6.3 Қақ түзілуді болдырмаудың химиялық тәсілдері..... 61
3.6.4 Буландыру қондырғыларында қақ түзілуді болдырмаудың құрылымдық және технологиялық тәсілдері..... 61
3.7 Бақылау сұрақтары..... 63
4 бөлім Суды еріген газдардан тазарту..... 64
4.1 Судың құрамында еріген газдардың пайда болуы..... 64
4.2 Судың құрамынан бос көмір қышқылын шығару..... 65
4.3 Судың құрамындағы оттегіні шығарудың физика-химиялық тәсілдері..... 67
4.4 Судың құрамындағы газдарды химиялық тәсілдермен шығару..... 68
4.5 Бақылау сұрақтары..... 71
5 бөлім. Суды тұрақтандыру тәсілдері..... 72
5.1 Салқындататын суда қалдықтардың пайда болуы және олардың түрлері..... 72

5.2 Минералдық қалдықтарды болдырмау тәсілдері..... 73
5.3 Суды қышқылдау тәсілімен тұрақтандыру..... 74
5.4 Салқындататын суды фосфаттау..... 75
5.5 Салқындататын суды рекарбонизациялау..... 76
5.6 Салқындататын суды комплексондармен өңдеу..... 79
5.7 Салқындату және айналмалы жүйелерде биологиялық қалдықтарды болдырмау тәсілдері..... 80
5.8 Бақылау сұрақтары..... 82
6 бөлім. Жылу желілеріндегі су дайындау..... 83
6.1 Қосымша суды дайындау тәсілдерін таңдау..... 83
6.2 Қосымша суды қаққа қарсы магниттік өңдеу..... 84
6.3 Жабық жылу желелеріндегі су дайындау..... 85
6.4 Жергілікті ыстық сумен қамтамасыз ету жүйелеріндегі су дайындау..... 86
6.5 Жылумен қамтамасыз ету жүйелеріндегі су дайындау..... 87
6.6 Бақылау сұрақтары..... 88
7 бөлім. Жылуэнергетикалық өнеркәсіптердің ағызынды сулары және оларды тазарту тәсілдері..... 89
7.1 Су дайындау және оның қоршаған ортаға әсері..... 89
7.2 ЖЭС мен қазандықтардың ағызынды сулары..... 89
7.3 Суды химиялық тазартудан кейінгі ағызынды суларды тазарту..... 91
7.4 Қондырғыларды жуу және тоқтатып қоюдан кейінгі жуынды ерітінділерді тазарту..... 94
7.5 Жылы ағызынды суларды тазарту..... 94
7.6 Гидрокүлшығару жүйелерінің ағызынды суларын тазарту..... 96
7.7 Жуынды суларды тазарту..... 97
7.8 Мұнай өнімдерімен ластанған суларды тазарту..... 98
7.9 Бақылау сұрақтары..... 101
Қорытынды..... 102
Әдебиеттер..... 103

АЛҒЫ СӨЗ

Заманауи білім беру, кадрларды даярлау мен қайта даярлау жүйесінің негізгі бағдарлары ретінде инновациялық зерттеулерді дамыту, білімнің маңыздылығын жоғарылату «Қазақстан-2050» стратегиясының мақсаты болып саналады. Сондықтан қазіргі кезде жоғары оқу орындарының алдында тұрған ең негізгі мәселелердің бірі білікті, бәсекеге қабілетті мамандар даярлау болып табылады.

Негізгі жылуэнергетикалық қондырғылардың сенімді және үнемді жұмысын қамтамасыз ету үшін, яғни тиімді су-химиялық ережені анықтау, химиялық регенттердің шығынын азайту, қондырғылардың қауіпсіз жұмысын қамтамасыз ету және ағызынды сулардың көлемі мен зиянды әсерін төмендету үшін, суды тазартудың негізгі физика-химиялық тәсілдерін білу қажет.

Оқу құралында жылуэнергетикасында судың қолданылуы; табиғи сулардың жалпы сипаттамасы; су дайындаудың негізгі физика-химиялық тәсілдері, атап айтқанда суды алдын-ала тазарту, суды тұзсыздандыру тәсілдері; суды еріген газдардан тазарту әдістері; суды тұрақтандыру мақсатымен өңдеу тәсілдері; жылу желілеріндегі су дайындау тәсілдері; жылуэнергетикалық өнеркәсіптердің ағызынды суларының сипаттамасы және оларды тазарту мен залалсыздандыру тәсілдері туралы мәліметтер берілген. Сонымен қатар, су дайындауда қолданылатын негізгі қондырғылардың құрылысы, жұмыс істеу және есептеу принципі қарастырылған.

Оқу құралында әрбір бөлімнен кейін тақырып бойынша бақылау сұрақтары, соңында қолданылған әдебиеттер тізімі берілген. Оқу құралын құрастыру барысында қазіргі заманның талаптарына сай заманауи ғылыми жетістіктер ескерілген. Оқу құралы автордың «Су дайындаудың физика-химиялық тәсілдері» курсын жетілдірудегі оқу-әдістемелік тәжірибесіне негізделіп құрастырылған.

Оқу құралының мәтіні қарапайым және қол жетімді түрде сипатталған. Оқу құралында жалпы қабылданған қысқартулар

қолданылған және олардың сипаттамасы мәтінде алғаш қолданылған кезде берілген. Оқу құралы 5В072000 – Бейорганикалық заттардың химиялық технологиясы, 5В072100 - Органикалық заттардың химиялық технологиясы, 5В071700 – Жылуэнергетика, 5В060800 - Экология, 5В073100 – Тіршілік қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау және 5В080500 – Су ресурстары және суды қолдану мамандықтарының студенттері үшін маңызы бар екені сөзсіз. Оқу құралының «Жалпы химиялық технология», «Химиялық технология», «Негізгі өндірістер технологиясы» пәндерін оқып үйренуде, студенттердің өзіндік жұмысын, курстық және дипломдық жобаларды орындауда көмегі өте зор.

КІРІСПЕ

Өнеркәсіптік су дайындау шаралары, яғни тиімді су-химиялық ереже жылуэнергетикалық қондырғылар мен жылу желілерінің сенімді, қауіпсіз жұмыс істеуін; олардың ішкі бетінде әртүрлі қалдықтардың түзілуіне жол бермеуді; отынның шығынын азайтуды және экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Қазіргі кезде жер беті суларына әртүрлі өнеркәсіптік өндірістердің ағызынды сулары және басқа да қалдықтар тасталуда. Осының нәтижесінде су әртүрлі бейорганикалық және органикалық қосылыстармен ластанып, жылуэнергетикалық нысандардың жұмысына кері әсер етеді. Сондықтан, ЖЭС мен қазандықтарда судайындау технологияларын жетілдіруге және тиімді су-химиялық ережені қамтамасыз етуге аса көңіл бөлінеді.

Жылуэнергостансалары (ЖЭС) екі түрге бөлінеді:

1) тек қана электрэнергиясын өндіретін;

2) электр және жылулық энергиясын (өндірістік бу, жылумен және ыстық сумен қамтамасыз ету) өндіретін.

Электрэнергиясын мен жылулық энергиясын алу үшін қолданылатын су бастапқы шикізат болып табылады, сондықтан табиғи суды өнеркәсіпте қолданар алдында арнайы физика-химиялық тәсілдермен дайындау қажет. Алдын-ала дайындалған су келесі мақсаттарда қолданылады:

1) қазандықтарда, бугенераторларында, қайнау қабатты ядролық реакторларда, буландырғыштарда, бутүрлендіргіштерде бу алу үшін қолданылатын бастапқы шикізат ретінде;

2) бутурбиналарында өңделген буды конденсациялау үшін;

3) ЖЭС мен АЭС-ң әртүрлі аппараттар мен агрегаттарды салқындату үшін;

4) жылумен және ыстық сумен қамтамасыз ету жүйелерінде жылутасымалдағыш ретінде.

Электрстанцияларында қолданылатын табиғи суды алдын-ала тазарту шараларымен қатар пайда болатын ағызынды суларды тазарту щараларын бірге шешу қажет.

1 БӨЛІМ. ЖЫЛУ ЭНЕРГЕТИКАСЫНДАҒЫ СУ

1.1. Жылуэнергетикада судың қолданылуы

Жылуэнергетикада су негізгі шикізат болып саналады, ол негізінен бу турбиналарының конденсаторларында, көректеуші электрайдағыштар мен генераторлардың ауа салқындатқыштарында, механизмдерді майлауда қолданылатын майсалқындатқыш жүйелерде, күл аулау және күл мен шлактарды шығару жүйелерінде қолданылады. Бұл құрылғыларға міндетті түрде үздіксіз су беріліп тұруы керек. ЖЭС-дағы судың шығыны оның түріне, қолданылатын қондырғылардың қуаттылығына, салқындатудың еселік санына және т.б. байланысты болады. Қуатты электрстансаларында судың шығыны 200м^3/сек жоғары болады. Салқындататын судың 1кВт-қа шаққандағы меншікті шығыны қазандықтан турбинаға берілетін будың бастапқы параметрлеріне және турбинаның қуаттылығына байланысты болады. Салқындататын судың 1кВт-қа шаққандағы меншікті шығыны шамамен 0,13м^3/сағ құрайды.

ЖЭС-да қолданылатын судың шығыны біршама жоғары болады, себебі бу өнеркәсіптік кәсіпорындардың басқа да қажеттіліктеріне жұмсалатындықтан қазандықтарға қосымша су қажет, сонымен қатар ЖЭС-лар тұрғын аймақтарды ыстық сумен қамтамасыз ету мақсатымен жұмсартылған су дайындайды.

ЖЭС-да сумен қамтамасыз ету жүйелері бірбағытты, айналмалы немесе аралас бағытты болады. Бірбағытты жүйелерде қолданылған су атмосфераға тасталады. Бастапқы судың температурасы төмен болған жағдайда қолданылған жылы суды бастапқы суға қосып қолдануға болады. Конденсациялық электрстансаларының айналмалы су қолдану жүйелерінде айналмалы су сужинағыш-салқындатқыштарда салқындатылады, бұл стансаларда градирнялар мен шашыратқыш бассейндерді қолдану тиімсіз болып саналады. Ал ЖЭС-да айналмалы суды салқындату үшін градинялар қолданылады. Кейбір ЖЭС-да аралас суқолдану жүйелері қолданылады, бұл жүйелерде судың мөлшері аз

болған жағдайда жұмысқа градинялар немесе шашыратқыш бассейндер қосылады.

Ауа- немесе газсалқындатқыштарда қолданылатын салқындататын судың температурасы 30-33^{0}С-ден аспауы керек. Сондықтан ауа- және газсалқындатқыштарға таза су беріледі, себебі жазғы маусымда оның температурасы айналмалы судың температурасынан төмен болады. Генераторлардың ауасалқындатқыштарындағы судың шығыны салқындататын судың жалпы шығынының 1-2% құрайды. Турбогенераторларда қолданылатын майлар майсалқындатқыштарда салқындатылып жүйеге қайтарылады, салқындатуға жұмсалатын судың шығыны салқындататын судың жалпы шығынының 1-1,5% құрайды. Ауа-, газ- және майсалқындатқыштардағы салқындататын су ластанбайды, тек қана оның температурасы 2-4^0 жоғарылайды, сондықтан ол конденсаторларды салқындату үшін қолданылады. Кейбір жағдайларда ауа-, газ- және майсалқындатқыштарды салқындату үшін арнайы жылуалмастырғыштарда салқындатылатын айналмалы конденсат қолданылады.

Сонымен қатар су механизмдердің подшипниктерін, күл мен шлактарды гидравликалық шығару жүйелерін салқындату үшін де қолданылады. Қазандықтардан шлактарды және күлаулағыштардан күлді шығару гидравликалық әдіспен жүзеге асырылады. Судың шығыны отынның түріне, оны жағу әдісіне, күл мен шлактың механикалық қасиеттеріне байланысты болады. Күлді гидравликалық әдіспен шығаруда конденсаторлардан, подшипниктерді салқындатудан кейін қалған және т.б. ағызынды сулар қолданылады. 1т шлакты шығаруға 20-40м^3, ал 1т күлді шығаруға 8-12м^3 су шығындалады. Қазандықтардан кейін күлшлакты қоспа айдағыштардың көмегімен үздіксіз тұндырғыш түрінде құрастырылған күлжинағыштарға айдалады.

ЖЭС-да қолданылатын сулардың жіктелуі мен таңбалануы:

1) Бастапқы табиғи су $D_{бас.}$ - ЖЭС мен АЭС-да судайындау қондырғыларында және басқа да мақсаттарда бастапқы шикізат ретінде қолданылады.

2) Қосымша су $D_{қ.с.}$ - алдын-ала тазартылып, бу мен конденсаттың шығынын толтыру үшін қолданылады.

3) Турбина конденсаты $D_{т.к.}$ - құрамында аздаған мөлшерде еріген және жүзгінді қоспалар болатын су, қоректегіш судың негізгі бөлігі.

4) Қайтарымды конденсат $D_{қ.к.}$ - сыртқы тұтынушылардан қайтарылатын бу, ол тазартудан кейін қолданылады және қоректеуші судың құрамдас бөлігі болып табылады.

5) Қоректегіш су $D_{қор.с.}$ - қазандықтарға, бугенераторларына немесе реакторларға буланған судың орнын толтыру үшін берілетін су, ол негізінен $D_{т.к.}$, $D_{қ.к.}$, $D_{қор.с.}$ және пайдалану жылытқыштарының конденсатының қосындысы.

6) Қазандық суы, бугенераторлары мен реакторлардың суы сәйкесінше осы агрегаттардағы су.

7) Үрлеу сулары $D_{ү.с.}$ – қазандықтардан, бугенераторларынан немесе реакторлардан тазартуға шығарылатын су немесе буланатын (қазандық) судағы қоспалардың берілген концентрациясын қамтамасыз ету үшін қолданылатын су. Қазандық және үрлеу суларындағы қоспалардың құрамы мен концентрациясы бірдей болады.

8) Салқындататын немесе айналмалы су $D_{а.с.}$ бу турбиналарының конденсаторларында пайдаланылған буды конденсациялау үшін қолданылады.

9) Қосымша қоректі су $D_{қ.қ.с.}$ жылу жүйелеріне шығындарды толтыру үшін беріледі.

Сонымен қатар, ЖЭС-да су шаруашылық жағдайларда және өрт сөндіру жүйелерінде қолданылады.

ЖЭС мен АЭС-да қазандықтарды үздіксіз және мерзімді үрлеу нәтижесінде, қорғағыш тетіктерді ашу, жылытқыштардың сыртқы бетін су немесе бумен өңдеу, сұйық отынды бүрку барысында, көмекші механизмдер жүйесінде, турбогенераторларда, сынама алу барысында, бактарда, сораптарда, құбырларда төгілу, булану, саңылаулар арқылы ағу және т.б. нәтижесінде бу мен конденсаттың өндірістік шығыны (жоғалуы)

орын алады. Әдетте бу мен конденсаттың ішкіөндірістік шығындары жыл маусымына байланысты ЖЭС-да 1,2–1,6%, ал АЭС-да 0,5–1,0% құрайды.

Сонымен қатар, өнеркәсіптік ЖЭО-да бу мен конденсаттың сыртқыөндірістік шығындары болуы мүмкін, сондықтан жүйеге қосымша берілетін судың мөлшері генерацияланатын будың 10-50% құрайды.

1.2. Су мен будың физика-химиялық қасиеттері

Су — сутегі мен оттегінің қалыпты жағдайларда тұрақтылығын сақтайтын қарапайым химиялық қосылыс. Таза су - түссіз, иіссіз, дәмсіз сұйықтық. Су қабатының қалыңдығы 5м-ден асқанда ол көгілдір түсті болып көрінеді. Су атмосфералық қысымда 100°С-де қайнайды, ал 0°С-де мұзға айналады. Мұздың тығыздығы 0,92 г/см^3, сондықтан мұз судың бетінде қалқып жүреді. Температурасы 4°С болғанда судың тығыздығы 1г/см^3 болады. Судың жылусыйымдылығы өте жоғары болғандықтан жыл маусымының жаз айларында су жылуды сіңіріп, өзеннің жағалауын салқындатып тұрады. Су жер бетінен тараған жылудың шамамен 60%-ын ұстап қалып, оны салқындаудан сақтап тұрады. Судың массалық құрамы: Н - 11,19 %, О - 88,81%. Судың молекулалық массасы 18,0153. Су – жер шарындағы ең көп тараған заттардың бірі болып саналады, агрегаттық күйі бойынша су үш түрде болады - бу, су және мұз күйінде. Су күшті еріткіш болып табылады.

Су буы түссіз, дәмсіз және иіссіз зат. Ол су молекулаларын буландыру нәтижесінде пайда болады. Будың жылусыйымдылығы, яғни конденсациялану жылуы, өте жоғары болғандықтан ол жылутасымалдағыш ретінде қолданылады.

1.3. Табиғи сулардың жалпы сипаттамасы

Су атмосферада, топырақта, көптеген минералдар мен тау кендерінің құрамында болады, ол тірі ағзалардың негізгі құраушысы болып табылады. Су қатты, сұйық және газ тәрізді заттардың жақсы еріткіші болғандықтан табиғи судың құрамында көптеген қоспалар кездеседі. Олардың сипаты мен мөлшері судың сапасын анықтайды, яғни оның

өнеркәсіптік және тұрмыстық жағдайда қолдану мүмкіндігін анықтайды. Су - тіршілік көзі, ол Жер шарының шамамен 70%-н құрайды, тірі ағзалардың 60-70%-ы, ал өсімдіктердің 90 %-ы судан тұрады. Су атмосфераға буланады, содан кейін оның жоғарғы қабаттарында конденсацияланып жер бетіне қайтарылып, жер беті және жер асты суларын түзеді. Табиғи сулардың құрамында еритін және ерімейтін заттардың қоспалары болады.

1.4. Табиғи суларды жіктеу және олардың құрамындағы қоспалар

Құрамындағы қоспалардың мөлшері бойынша табиғи сулар үш топқа бөлінеді:

Атмосфералық су - бұл жаңбыр мен қар сулары. Олардың құрамында қоспалар аз болады, негізінде оларға еріген газдар (CO_2, O_2, N_2, шаң, H_2S және т.б.), тұздар, бактериялар және т.б. жатады.

Жер бетіндегі суларға ашық жатқан су тоғандарындағы, өзендердегі, көлдердегі, теңіздердегі және мұхиттардағы сулар жатады. Бұл сулардың құрамында әртүрлі минералдық және органикалық қоспалар болады. Теңіз суының құрамында бағалы және радиоактивті металдармен қатар бүкіл элементтер кестесіндегі заттар кездеседі. Егер 1кг суда 1г-ға дейін тұз болса, онда ол **тұщы су**, 1г-нан 10г-ға дейін болса - **тұздылау**, ал 10г-нан көп болса **тұзды су** деп аталады.

Жер асты суларына артезиан құбырларының, құдықтардың, бұлақтардың және гейзерлердің сулары жатады. Олардың құрамында еріген тұздар көп болады. Олардың тұздылығы жер қыртысының және тау жыныстарының құрылысына және құрамына байланысты болады. Жер қыртыстарының және тау жыныстарының сүзу қабілеті жер асты суларының жоғарғы мөлдірлігін және құрамында органикалық қосылыстардың болмауын қамтамасыз етеді.

Табиғи сулардың құрамындағы **қоспалар дисперстік дәрежес**і (ірілігі) бойынша үш топқа бөлінеді: 1) шынайы еритін (ионды- немесе молекулалы дисперсті) қоспалар, бұл жағдайда қоспалар суда бөлек иондар, молекулалар түрінде болады; 2) бөлшектерінің өлшемдері 1-ден 100нм

дейін болатын коллоидты-дисперсті қоспалар; 3) бөлшектерінің өлшемдері 100нм (0,1 мкм) жоғары болатын ірідисперсті қоспалар.

Коллоидты қоспалар көптеген молекулалардан тұратын агломерат, оның қатты және су фазаларының арасында бөліну беті болады. Коллоидты бөлшектердің өлшемдері өте аз болғандықтан олар диффузияға қабілетін жоғалтпайды және олардың үлестік ауданы жоғары болады. Мысалы, заттың 1см^3 көлемін ұзындығы 10нм майда бөлшектерге бөлетін болсақ, олардың саны 10^{18} дәрежесін, ал жалпы ауданы 600м^2 құрайды. Коллоидты бөлшектер ауырлық күшінің әсерінен судан бөлінбейді, қарапайым сүзгілермен (құм, сүзгілеуші қағаз) ұсталмайды және шашыранды жарықта (Тиндаль конусы) көрінеді. Табиғи суларда коллоидты-дисперсті жағдайда кремний қышқылының туындылары, темір және органикалық заттар (өсімдік және жануар ағзаларының ыдырау өнімдері) болады.

Ірі дисперсті қоспалардың (жүзгінді бөлшектердің) салмағы өте ауыр болғандықтан олардың диффузияға қабілеті мүлдем төмен болады. Уақыт аралығында арнайы седиментациялық тепе-теңдік орнап, қоспалар тұнбаға түседі немесе судың бетіне қалқып шығады (бөлшектердің тығыздығы судың тығыздығынан аз болған жағдайда). Ірі дисперсті қоспалар көп уақыт жүзгінді жағдайда болып судың лайлануына алып келеді. Ірідисперсті бөлшектердің өлшемдері неғұрлым үлкен болса соғұрлым седиментациялық тепе-теңдік тез орнайды, яғни оларды судан тұндыру немесе сүзу арқылы тез ажыратуға болады. Мысалы, өлшемдері 100 және 20мкм болатын құм мен ылайдың қозғалмайтын суда тұну жылдамдығы 10°С-де сәйкесінше 7 және 0,4 мм/с құрайды.

Химиялық құрамы бойынша табиғи сулардағы қоспалар **минералды және органикалық** болып екі түрге бөлінеді. Минералды қоспаларға суда еріген атмосфералық газдар N_2, O_2, CO_2, сонымен қатар ағызынды сулармен келетін газдар, әртүрлі тұздар, қышқылдар, негіздер жатады. Органикалық қоспаларға топырақтан және шымтезектен жуылып шығатын гумусты заттар, сонымен қатар ағызынды сулармен келетін органикалық заттар жатады.

1.5. Табиғи және технологиялық сулардың негізгі сапалық көрсеткіштері

Су адам тіршілігінде қолданылатындықтан оған қойылатын талаптарда өте қатаң болады. Судың сапасы оның мөлдірлігі, түсі, иісі, температурасы, жалпы тұздылығы, кермектілігі, тотығуы және судың реакциясы деген көрсеткіштермен сипатталады. Жылуэнергетикада қолданылатын судың негізгі **сапалық көрсеткіштеріне** ірідисперсті заттардың концентрациясы; шынайы еритін қоспалардың концентрациясы (иондық құрамы); коррозиялық белсенді газдардың концентрациясы; сутек иондарының концентрациясы; құрғақ және күйдірілген қалдық, судың тотығуы, кермектілігі, сілтілігі, судың құрамындағы кремнийдің мөлшері, үлестік электрөткізгіштігі және т.б. жатады.

Судағы ірі дисперсті заттардың концентрациясы судың мөлдірлігі және лайлығымен анықталады.

Судың құрамындағы құрғақ қалдық бойынша судың тұздылығын, яғни судың құрамындағы H^+ и OH^- иондарынан басқа барлық катиондар мен аниондардың қосындысын анықтайды.

Көптеген өндірістерде судың негізгі сапалық көрсеткіші болып **судың кермектілігі** саналады. Судың кермектілігі судың құрамындағы кальций және магний тұздарының болуын көрсетеді. Судың кермектілігі үш түрге бөлінеді:

Уақытша (карбонатты немесе жойылатын) кермектілік судың құрамында кальций және магний бикарбонаттарының ($Ca(HCO_3)_2$; $Mg(HCO_3)_2$) болуын көрсетеді. Олар суды қайнатқан кезде ерімейтін түрге айналып, қатты тұнба (қақ) түзеді:

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O + CO_2 \qquad (1.1)$$

$$2Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2 + 3CO_2 + H_2O \qquad (1.2)$$

Тұрақты (карбонатты емес) кермектілік суда кальций мен магнийдің тұнба түзбейтін нитраттарының, хлоридтерінің, сульфаттарының болуын көрсетеді.

Уақытша және тұрақты кермектіліктердің қосындысы **жалпы кермектілік** деп аталады.

Құрамындағы Ca^{2+} және Mg^{2+} иондарының мөлшеріне байланысты су үш түрге бөлінеді: Ca^{2+} мен Mg^{2+} иондарының мөлшері 3 мг-экв/дм^3 дейін болса **жұмсақ су**; 3-тен 6мг экв/дм^3 дейін - **орташа кермекті су**; 6мг-экв/дм^3 жоғары болғанда - **кермекті су** деп аталады.

Судың тотығуы судың құрамында органикалық қосылыстардың болуын сипаттайды және органикалық қосылыстарды тотықтыруға қажет калий перманганатының (мг) мөлшерімен анықталады.

Судың реакциясы дегеніміз судың қышқылдық және сілтілік дәрежелері. Ол сутегі иондарының концентрациясымен сипатталады және индикатордың көмегімен анықталады. Табиғи сулардың реакциясы бейтарапқа жақын болып келеді (pH=6,8-7,3), айналымдығы сулардың реакциясы өндірістің түріне байланысты болады. Егер **pH<6,5** болса, су **қышқылдық**, **pH>7,5** болса - **сілтілік** деп аталады.

Судың жалпы сілтілігі оның құрамындағы OH^-, HCO_3^-, CO_3^-, PO_4^{3-}, $HSiO_3^-$, SiO_3^- аниондарының және кейбір әлсіз органикалық қышқылдардың тұздарының (гуматтардың) жалпы шоғырымен сипатталады және ммоль/л бірлігінде көрсетіледі.

Жалпы тұздылық судың құрамындағы органикалық және минералдық қоспалармен сипатталады. Оның мөлшерін құрғақ қалдықтың салмағымен (мг/дм^3) анықтайды. Ол үшін 1л суды буландырып, тығыз қалдықты 110^0С-де тұрақты салмаққа дейін кептіріп, қалған қалдықтың салмағын таразыда өлшейді.

Кейбір жағдайларда өндірісте ыстық сумен қамтамасыз ету жүйелерінде ағызынды сулар ауыз суының көзі ретінде қолданылатын ашық су тоғандарына тасталуы мүмкін. Сондықтан судың биологиялық қасиеттеріне де аса көңіл бөлінеді. Судың құрамында әртүрлі вирустар, бактериялар, қарапайым және күрделі ағзалар болуы мүмкін. Олар көптеген инфекциялық аурулар тудырады. Судың тазалығын анықтау көрсеткіші ретінде ішек таяқшасы қолданылады. Ішек таяқшасы өте баяу жойылады. Суды залалсыздандыру нәтижесінде ішек таяқшасын жою

судағы ауру тудыратын бактериялардың азаюына алып келеді. Судағы ішек таяқшаларының мөлшері коли-титр (к-т) немесе коли-индекс (к-и) деген шамалармен сипатталады. **Коли-индекс** дегеніміз судың 1дм^3-ғы ішек таяқшаларының мөлшері. Стандарттарға сай ауыз суының коли-индексі 3-тен кем болуы керек.

1.6. Жылуэнергетикалық өнеркәсіптерде судың сапасына қойылатын талаптар

Суды өндірісте қолдану алдында өндірістік талаптарға сай дайындық шаралары жүзеге асырылады. Өндірісте қолданылатын судың құрамында: аппараттар мен құбырлардың ішінде қақтар мен тұнбалар түзетін, реакцияға кері әсер ететін және аппараттарды коррозияға ұшыратын зиянды заттар болмауы керек. Қоспалар көбінесе ерітінділер, коллоидтық және механикалық жүзгінді бөлшектер түрінде болады.

Сонымен, жылуэнергетикада қолданылатын судың құрамында қақ түзетін, металдардың коррозиясына, қазандықтағы судың көбіктенуіне және тұздардың бумен ұшып кетуіне алып келетін қоспалар болмауы керек.

Кермек суды қолдану қақтың түзілуіне, жылуалмасудың нашарлауына, отын шығынының көбейуіне және металдың қызып кетуіне алып келеді, осылардың нәтижесінде қондырғылар мен қыздыру құбырлары істен шығуы мүмкін.

Қазандықтағы судың көбіктенуі судың құрамындағы фосфаттардың, сілтілердің, мұнайдың, майлаушы майлардың және синтетикалық беттік-активті заттардың әсерінен орын алады. Судың көбіктенуі будың ластануына және қоспалардың турбинаның қалақшаларында тұнуына алып келеді. Хлоридтер мен сульфаттар фосфаттармен коллоидты қосылыстар түзіп судың көбіктенуін төмендетеді.

1.7. Бақылау сұрақтары

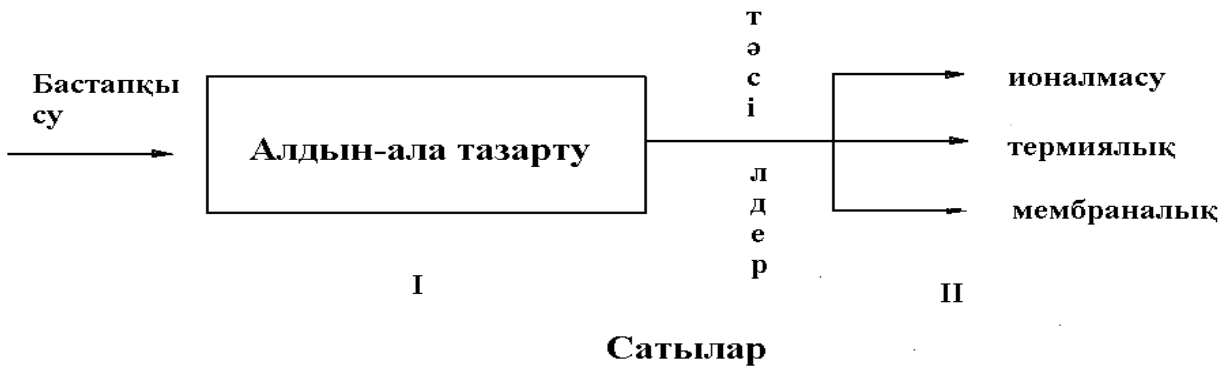
1. Жылуэнергетикада судың қолданылуы.
2. ЖЭС-да қолданылатын судың шығыны қалай анықталады?
3. Ауа- немесе газсалқындатқыштарда салқындатқыш судың қолданылуы.
4. ЖЭС-да қолданылатын сулар және олардың таңбалануы.
5. ЖЭС мен АЭС-да бу мен конденсаттың өндірістік шығыны неге байланысты?
6. Су мен будың физика-химиялық қасиеттері.
7. Табиғи суларды және оларды жіктеу.
8. Табиғи сулардың құрамындағы қоспалар.
9. Жылу энергетикада қолданылатын судың негізгі сапалық көрсеткіштері.
10. Судың кермектілігі және оның түрлері.
11. Судың биологиялық қасиеттері және судың коли-индексі дегеніміз не?
12. Жылуэнергетикада қолданылатын судың құрамындағы негізгі қоспалардың зиянды әсері неде?

2 БӨЛІМ. СУДЫ АЛДЫН-АЛА ТАЗАРТУ

2.1 Суды коагуляция тәсілімен тазарту

2.1.1 Суды алдын-ала тазарту туралы жалпы мәліметтер

Табиғи сулардың құрамында алуан түрлі және көптеген мөлшерде қоспалар болатындықтан оларды қолданар алдында міндетті түрде тазрту қажет. Табиғи суларды тазарту процестері судайындау қондырғыларында (СДҚ) жүзеге асырылады және екі сатыдан тұрады (2.1 сурет).



2.1 сурет. Су тазарту сатылары

Су тазартудың бірінші кезеңінде су ірідисперсті және коллоидты заттардан тазартылады, сонымен қатар бұл сатыдан кейін судың бикарбонатты сілтілігі төмендейді. Келесі сатыларда су шынайы-еріген қоспалардан тазартылады.

Суды алдын-ала тазарту су тазартудың келесі сатыларының техника-экономикалық көрсеткіштеріне елеулі әсер етеді, сонымен қатар суды алдын-ала тазартуды қолданбаған жағдайда тазартудың келесі сатылары қиындау жүреді. Мысалы, судың құрамындағы органикалық заттар аниониттердің технологиялық қасиеттеріне әсер етеді, атап айтқанда олардың ескеруіне, яғни қызмет ету уақытының 4-8 есе қысқаруына алып келеді. Судың құрамындағы темір иондарының концентрациясының жоғарылауы (50мкг/дм^3-тан жоғары) мембраналардың жұмысына кері әсер етеді. Суды ірідисперсті және коллоидты заттардан толық тазаратпау

қыздыру бетінде қақтың түзілуіне және будың сапасының нашарлануына алып келеді. Сондықтан суды алдын-ала тазартуға аса көңіл бөлінеді.

Суды алдын-ала тазарту негізінен тұндыру тәсілдерімен жүзеге асырылады. Бұл тәсілдер реагентті деп аталады, себебі процесте арнайы реагенттер қолданылады.

Қазіргі уақытта қолданылатын алдын-ала тазарту тәсілдеріне **коагуляция, ізбестеу және магнийлі кремнийсіздендіру** процестері жатады. Әдетте бұл процестер түссіздендіргіш деп аталатын бір аппаратта жүзеге асырылады. Бұл тазарту процесінің технологиялық нәтижелілігін жоғарылатады және шығындарды төмендетеді.

Суды мөлдірлеу түссіздендіргіштерде, ал тұнбадан толық ажырату сүзгілерде жүзеге асырылады. Сүзу процесі де суды алдын-ала тазартуға жатады, бірақ бұл тәсіл реагентсіз болып саналады.

Екінші сатыда суды тазарту химиялық (жұмсарту, тұзсыздандыру), термиялық (дистиллят алу) және мембраналық тәсілдермен жүзеге асырылады.

2.1.2 Коагуляция және коагуляция процесінің механизмі

Коагуляция дегеніміз коллоидты бөлшектердің жабысып ірідисперсті макрофаза (флоккул) түзіп, оның судан бөлініп шығу процесі. Бұл процесс физика-химиялық процесс болып табылады.

Реагенттер, яғни каогулянттар ретінде, күкіртқышқылды тұздар қолданылады: $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O]$ немесе $(FeSO_4 \cdot 7H_2O)$. Бұл тұздар суда толық диссоцияланады:

$$Al_2(SO_4)_3 \rightleftharpoons 2Al^{3+} + 3SO_4^{2-} \qquad (2.1)$$

$$FeSO_4 \rightleftharpoons Fe^{2+} + SO_4^{2-} \qquad (2.2)$$

Диссоцация нәтижесінде пайда болған иондар келесі реакциялар бойынша жеңіл гидролизденеді:

$$Al^{3+} + H_2O \rightleftharpoons Al(OH)^{2+} + H^+ \qquad (2.3)$$

$$Fe^{2+} + H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)^{+} + H^+ \qquad (2.4)$$

$$Al(OH)^{2+} + H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_2^{+} + H^+ \qquad (2.5)$$

$$Fe(OH)^+ + H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_2 + H^+ \quad (2.6)$$

$$Al(OH)_2^+ + H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + H^+ \quad (2.7)$$

Сілтілі ортада pH > 8 болғанда, (2.6) реакцияның нәтижесінде пайда болған $Fe(OH)_2$ келесі реакцияға қатысады:

$$Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 4Fe(OH)_3 \quad (2.8)$$

Каогулянттардың (2.3) – (2.7) реакциялары бойынша гидролизі кезінде бөлінген H^+ иондары табиғи судағы бикарбонаттармен келесі реакция бойынша әрекеттеседі:

$$H^+ + HCO_3^- \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons CO_2 + H_2O \quad (2.9)$$

Сонымен, $Al_2(SO_4)_3$ және $FeSO_4$ коагулянттарының гидролизінің нәтижесінде оң зарядталған электрондар түзіледі, ал судағы қоспалардың теріс зарядталған бөлшектерінің арасында тартылыс күші пайда болады. Процестің нәтижесінде тартылыс күшіне бағынатын ірі агрегаттар пайда болады, олардың өлшемдері ірі болғандықтан жеңіл тұнады және сүзіледі.

Коагулянт ретінде алюминий сульфатын $Al_2(SO_4)_3$ қолданған жағдайда коагуляция процесі pH 5,5–7,5 болғанда жүреді, ал коагулянттың шығыны 0,5–1,2ммоль/дм^3 құрайды. Ал коагулянт ретінде темір сульфатын $FeSO_4$ қолданғанда процесс pH>8 жүреді, ал коагулянттың шығыны 0,25–1,0ммоль/дм^3 құрайды және коагуляция процесін ізбестеу процесімен қатар жүргізуге болады.

2.1.3 Коагуляция процесінің сатылары

Коагуляция процесі екі сатыға бөлінеді: білінбейтін және айқын сатылар. Коагуляция процесінің білінбейтін сатысында Al^{3+} немесе Fe^{3+} иондарының коллоидты гидроксидтері қалыптасады және майда жапалақтар түзіледі. Коагуляция процесінің осы сатысында су бастапқы қоспалардан тазартылады. Коагуляция процесінің екінші сатысында өлшемдері 1-3мм жапалақтар (флоккулдар) түзіледі. Олардың сіңіргіш қабілеті өте жоғары болады, сондықтан олар судағы қоспаларды қосымша сіңіріп шығарады.

2.1.4 Коагуляция процесін қарқындату

Коагуляция процесінің тиімді технологиялық параметрлерін анықтау барысында көптеген факторлардың әсерін ескеру қажет. Процесте қолданылатын гидролизденуші коагулянттардың тиімді мөлшерін анықтауда коллоидты және еріген қоспалардың сапалы және сандық құрамы, олардың физикалық және физика-химиялық қасиеттері ескеріледі.

Қазіргі уақытта процесте қолданылатын коагулянттардың дәл қажетті мөлшерін анықтау өте қиын, себебі ол үшін судың құрамындағы алуан түрлі коллоидты қоспалардың мөлшерін анықтау және коагуляция процесінің механизімінің күрделілігін ескеру қажет. Коагуляция процесінде физикалық процестермен қатар химиялық процестер де жүреді. Олардың нәтижесінде азеритін гидрокомплекстер түзіледі, олардың полимеризациясы мен кристаллизациясы жүруі мүмкін. Сонымен қатар процестің нәтижесіне кинетикалық факторлар да әсер етеді. Сондықтан процеске қажет коагулянттардың тиімді мөлшері әрбір су көзі үшін жыл мезгіліне, судағы қоспалардың мөлшеріне сәйкесті тәжірибе жүзінде анықталады. Коагуляция процесінде қолданылатын коагулянттардың тиімді мөлшерін анықтау барысында жапалақтар түзілу қарқындылығы, олардың тұну жылдамдығы және тазартылған судағы органикалық заттардың, темір- және кремнийқұрамдас қосылыстардың, алюминий иондарының концентрациялары ескеріледі.

Коагуляция процесінің қарқындылығы мен техника-экономикалық көрсеткіштерін жоғарылату үшін көмекші процестер мен коагуляция құралдары қолданылады. Оларға флокуляция процестері жатады. **Флокуляция** процесінде бөлшектердің іріленуімен қатар олардың жоғарымолекулалық қосылыстармен абсорбциялық әрекеттесуі жүреді. Бұл жоғарымолекулалық қосылыстарды **флокулянттар** деп атайды. Флокуляция процесінің нәтижесінде жапалақтардың түзілу және тұну жылдамдықтары артады, агрегаттар мен тұнбаның тығыздықтары жоғарылайды.

Флокулянттар бейорганикалық және органикалық, табиғи және синтетикалық, ионогенді және амфотерлі болып бөлінеді. Бейорганикалық флокулянттар ретінде белсенді кремний қышқылы, табиғи органикалық флокулянт ретінде крахмал, карбоксиметилцеллюлоза және т.б. қолданылады. Синтетикалық флокулянттардың флокуляциялық қабілеттері жоғары болғандықтан олар кеңінен қолданылады, қазіргі кезде әмбебап флокулянт ретінде полиакриламид (ПАА) қолданылады: $\left[\begin{array}{c} -CH_2-CH \\ | \\ C=O \\ | \\ NH_2 \end{array}\right]_n^-$. Өнеркәсіптік жағдайда полиакриламид 8%-ды ерітінді түрінде шығарылады, ол СДҚ тез еріп 0,1%-ды ерітіндіге айналады. Бастапқы судағы жүзгінді бөлшектердің 100мг-на шаққандағы флокулянттың шығыны 0,5-1,5мг құрайды. ПАА ерітіндісі коагулянтты енгізгеннен кейін 0,5-2 минут аралығында енгізіледі.

2.2 Суды ізбестеу тәсілімен тазарту

2.2.1 Ізбестеу және ізбестеу процесінің механизмі

Суды ізбестеу бастапқы судың сілтілігін төмендету (декарбонизациялау) үшін қолданылады. Ізбестеу нетижесінде судың кермектілігінің, құрғақ қалдықтың, ірідисперсті қоспалардың және темір қосылыстарының мөлшері де төмендейді. Ізбестеу процесінде 30°С температураға дейін қыздырылған суға әк сүтінің ($Ca(OH)_2$) есептелген мөлшерін қосады. Ортаның pH жоғарылауы көмірқышқылдық тепе-теңдікті карбонат-иондарының түзілу бағытына ығыстырады. Бұл жағдайда көмір қышқылы мен бикарбонат-иондарының диссосациясы жүреді. Осы реакциялардың нәтижесінде CO_3^{2-} иондарының концентрациясы жоғарылайды да қатты кальций карбонаты $CaCO_3$ түзіледі. CO_3^{2-} және Ca^{2+} иондарының тұнбаға түсуі судың сілтілігі мен кермектілігін төмендетеді. Егер әк тасының мөлшерін бос көмір қышқылын байланыстыруға және бикарбонаттарды ыдыратуға қажет мөлшерінен артық мөлшерде алатын болсақ, онда суда гидроксид-иондарының артық мөлшері пайда болды. Осының нәтижесінде магний

гидроксиді $Mg(OH)_2$ тұнбаға түседі. Яғни, судың сілтілігі және кермектілігінің төмендеуімен қатар құрғақ қалдықтың мөлшері де төмендейді, темір мен кремний қосылыстарының және органикалық заттардың құрамы да азаяды және су түссіздене бастайды.

2.2.2 Ізбестелеген судың сапасы және ізбестеу процесінің нәтижелілігі

Суды ізбестеу нәтижелігі келесі көрсеткіштермен анықталады: қалдықты сілтілік, жүзгінді бөлшектердің мөлшері немесе судың мөлдірлігі, судың кермектілігі, құрғақ қалдықтың мөлшері мен тұрақтылығы. Пайда болған қосылыстар толық кристалданбағандықтан қалдықты сілтіліктің нақты мөлшері есептелген (тепе-теңдік) сілтіліктің мөлшерінен әлде қайда жоғары болады. Жалпы сілтіліктің компоненттік құрамы әктің артық мөлшеріне, яғни ізбестелген судың pH-на байланысты болады. pH мәндері бойынша сілтіліктің түрін анықтауға болады. Ізбестелген суды қышқылмен титрлеу барысында тек қана гидратты және карбонатты сілтілікті анықтауға болады.

Ізбестелген судағы жүзгінді заттардың құрамы 10мг/дм^3 аспайды. Олардың шекті рұқсат етілген концентрациясы 20мг/м^3-дан аспауы керек. Судағы жүзгінді заттардың концентрациясын анықтау өте күрделі болғандықтан, судың мөлдірлігі деген жанама көрсеткіш қолданылады.

Ізбестеу процесінің нәтижелігі көптеген факторларға байланысты болады, негізінен оларға жоғары сапалы әк тасын қолдану, оның мөлшерін дұрыс есептеу, қажетті жағдайда коагуляция процесін қолдану, суды белгілі температураға дейін қыздыру, пайда болған шламды өңдеу процесін тереңдету үшін қолдану, мөлдірлегіштердегі судың тиімді қозғалу бағытын таңдау жатады.

Ізбестеу процесі көп жағдайда сілтілігі 1,5ммоль/дм^3-тан жоғары болатын суды тазарту үшін қолданылады. Процестің нәтижесінде қайта өңдеуге болатын қатты қалдық пайда болады, ал айналмалы судағы сілтілі компоненттерді (кальций карбонаты мен магний гидроксиді) қышқылды ағызынды суларды бейтараптандыру үшін қолдануға болады.

2.2.3 Әк-содалы тәсілді қолдану

Ізбестеумен салыстырғанда әк-содалы тәсіл құрамы әртүрлі ағызынды суларды жұмсарту үшін қолданылуы мүмкін. Суды терең жұмсарту үшін CO_3^{2-} иондарын енгізу қажет, ал $Mg(OH)_2$ бөліп шығару үшін әк тасының мөлшерін жоғарылату керек. Бұл суды әк-содалы өңдеу арқылы жүзеге асырылады. Әк-содалы процесте әк тасымен қатар кальцийлі сода Na_2CO_3 қолданылады. Бірінші кезеңде судың карбонатты кермектілігін төмендету мақсатымен суды ізбестеу процесі қолданылады, бұл кезде судың жалпы тұздылығы, ірі дисперсті қоспалардың, темір қосылыстарының концентрациялары да төмендейді және CO_2 байланыстырылады. Ізбестеу процесінде реагенттер ретінде сөндірілген әк – әк сүті $Ca(OH)_2$ немесе майдаланған ұнтақ CaO қолданылады. Суды ізбестеу процесінде келесі реакциялар жүреді:

$$Ca(HCO_3)_2+Ca(OH)_2\rightarrow 2CaCO_3\downarrow+2H_2O \quad (2.10)$$

$$Mg(HCO_3)_2+2Ca(OH)_2\rightarrow 2CaCO_3\downarrow+Mg(OH)_2\downarrow+2H_2O \quad (2.11)$$

$$FeSO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow Fe(OH)_2\downarrow + CaSO_4\downarrow \quad (2.12)$$

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O \quad (2.13)$$

Екінші кезеңде судың тұрақты кермектілігін жою мақсатымен суды кальцийлі содамен өңдейді, бұл кезде келесі реакциялар жүреді:

$$MgSO_4+Na_2CO_3\rightarrow MgCO_3\downarrow+Na_2SO_4 \quad (2.14)$$

$$MgCI_2+Na_2CO_3\rightarrow MgCO_3\downarrow+2NaCl \quad (2.15)$$

$$CaSO_4+Na_2CO_3\rightarrow CaCO_3\downarrow+Na_2SO_4 \quad (2.16)$$

Өнеркәсіпте бұл процестер бірге жүргізіледі, ол үшін мөлдірлегіш деп аталатын аппараттар қолданылады. Суды тұнбадан толық тазарту үшін сүзу немесе тұндыру қолданылады. Температураны жоғарылату және араластыруды қолдану тұндыру процесінің жылдамдығын жоғарылатады және пайда болған тұнбаның тұнуын үдетеді. Суды тазарту дәрежесін жоғарылату үшін әкті 5-10%-ды артық мөлшермен алады. Ізбестеу барысында кальцийдің бір бөлігі суға өтеді, сондықтан оны соданың

шығынын есептеу кезінде ескеріп, сода ерітіндісін 5-10%-ды артық мөлшермен алу қажет.

2.2.4 Суды алдын-ала дайындаудың реагенттік тәсілдерін бірге қолдану

Егер сілтілігі мүмкіндігінше төмен су алу керек болса, онда қиыстырылған жүйелер қолданылады, мысалы ізбестеу процесімен қатар қышқылдау процесін жүргізеді.

Ізбестеу қондырғыларында кальций карбонатының құрамы тұрақты тазартылған су алу маңызды болып саналады. Ол үшін ізбестеу және коагуляция процестерін жүзгінді қабатты түссіздендіргіштерде бірге жүргізеді. Алынатын қалдықтың құрылысын жақсарту үшін флокулянттар қолдануға да болады.

Ізбестеу нәтижесінде суды жұмсарту бастапқы судың құрамына байланысты болады. Егер ол талаптарға сай болмаса (кальцийлі кермектілік 3,5 ммоль/дм^3-ден жоғары болмауы керек), онда суды қосымша жұмсарту керек. Ол үшін ізбестелген суды ары қарай Na-катиондау процесіне жібереді.

Егер бастапқы суда кальций иондарының концентрациясы жоғары болса, онда оны қосымша жұмсарту қажет. Ол үшін екі тәсіл қолданылады:

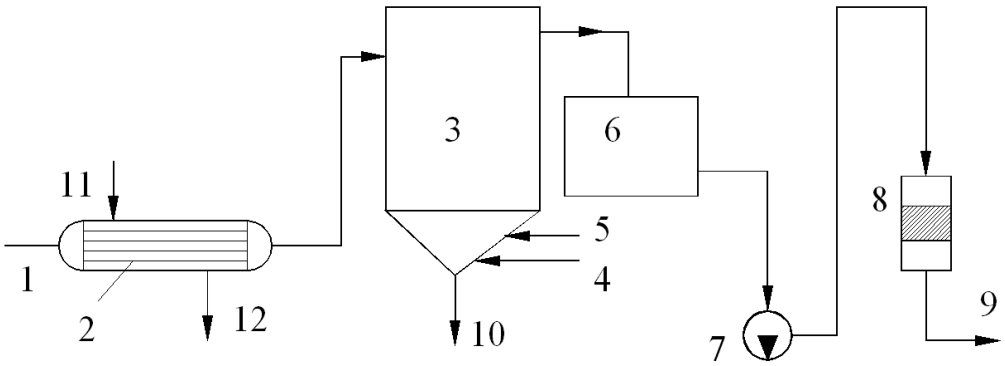
1) ізбестеу-коагуляциядан кейін жартылай немесе толық жұмсарту мақсатымен Na-катиондау тәсілін қолдану;

2) бастапқы судың бір бөлігін Na-катиондаумен қатар қышқылдау.

Жұмсарту тәсілі әр нақты жағдайда техника-экономикалық есептеулердің негізінде таңдалады.

2.1-ші суретте алдын-ала тазарту сатысының, атап айтқанда ізбестеу-коагуляциялау процесінің сызба-нұсқасы көрсетілген. Суды 30-40^{0}С-ге дейін қыздырып ізбестеу процесін жүргізгеннен кейін алынатын судың қалдықты сілтілігі кальций иондарының құрамы 1ммоль/дм^3-ге дейін болғанда $Щ_{ҚАЛ.}$=0,55–0,80ммоль/дм^3, ал 3 ммоль/дм^3-тан жоғары болғанда $Щ_{ҚАЛ}$=0,35–0,60ммоль/дм^3 құрайды. pH-ң тиімді мәні 10-10,2 құрайды. pH

мәні төмендегенде судың қалдықты сілтілігі 1-1,5ммоль/дм^3-ге дейін төмендейді.



2.1 сурет. Ізбестеу-коагуляциялау процесінің сызба - нұсқасы:
1 – бастапқы су; 2 – жылуалмастырғыш; 3 – түссіздендіргіш; 4 – әкті енгізу; 5 – коагулянтты енгізу; 6 – мөлдірленген су жинағышы; 7 – айдағыш сорап; 8 – мөлдірлегіш сүзгі; 9 – ионитті сүзгілерге немесе тұтынушыларға; 10 – тұнбаны шығару; 11 – қыздыру буы; 12 – қыздыру буының конденсаты

2.3 Суды сүзу тәсілімен тазарту

2.3.1 Суды сүзу тәсілімен тазарту, сүзу түрлері

Сүзу әртекті гидромеханикалық процестерге жатады, ол «сұйықтық-қатты» және «газ-қатты» әртекті жүйелерді бөлу үшін қолданылады. Сүзу процесінің қозғаушы күші сүзуші қабаттың екі жағындағы қысымдардың айырмасымен анықталады. Сүзу жылдамдығы сүзу процесінің кинетикалық теңдеуімен анықталады, ол бір мезгіл уақыт аралығында сүзу бетінің бірлігінен алынған сүзіндінің көлемімен есептеледі:

$$W = \frac{dV}{Fd\tau} = \frac{\Delta P}{\mu(R_m + R_{сқ})} \qquad (2.17)$$

мұндағы: V - сүзіндінің көлемі, м^3; F - сүзу беті, м^2; τ - сүзу уақыты, с; ΔP - сүзгідегі қысымның өзгеруі, Па; μ - сұйықтықтың тұтқырлығының динамикалық коэффициенті, Па·с; $R=R_m+R_{сқ}$ - сүзу кедергісі, ол тұнбаның кедергісі R_m мен сүзуші қабаттың кедергісінің $R_{сқ}$ қосындысынан тұрады.

Сүзу процесінің теңдеуін сүзу жылдамдығына әсер ететін факторлар анықтайды. Сүзу жылдамдығы сүзуге дейінгі және сүзуден кейінгі

қысымдардың айырмасына тура пропорционал және сүзуші қабаттың ауданына, сүзіндінің тұтқырлығына және сүзу кедергісіне кері пропорционал болады. Сүзу жылдамдығы сүзгінің кеуектерінің өлшемдеріне де байланысты болады. Тұнба толық сүзгінің бетіне тұнуы үшін оның кеуектерінің өлшемдері тұнбаның ең кіші бөлшектерінің өлшемдерінен төмен болуы керек. Егер бұл шарт орындалмаса сүзуден кейін лайлы сұйықтық алынады. Сонымен қатар сүзуші материалдың кеуектері өте майда болмауы керек. Материал неғұрлым тығыз болса, соғұрлым кеуектердің өлшемдері аз болады, яғни оның кедергісі жоғары, демек сүзу жылдамдығы да төмен болады.

Сүзу процесінің жылдамдығына тұнбаның сипаты да елеулі әсер етеді. Аморфты және майда дисперсті тұнбаларды сүзу өте қиын, біріншіден, майда кеуекті сүзгілерді қолдану қажет, екіншіден, олар сүзгінің бетінде қосымша кедергі келтіретін тығыз тұнба түзеді. Тұнбаның кедергісін жою үшін ірі дисперсті тұнбаның түзуін қамтамасыз ететін шарттарды таңдайды. Мысалы, кристалдану процесін баяу жүргізу ірі кристалды тұнбаның түзілуін қамтамасыз етеді.

Түссіздендіргіштердің жұмысы қанша жерден нәтижелі болғанымен судың құрамындағы қатты заттардың концентрациясы 10мг/дм^3-тан төмендету мүмкін емес. Сондықтан бұл суды ары қарай тазартуға жіберуге болмайды, оны қосымша мөлдірлеуге жіберуге қажет. СДҚ жүйелерінде сүзу процесі механикалық сүзгілердің көмегімен жүзеге асырылады. Сүзу процесі - өте күрделі процесс. Сүзу процесінде суды кеуекті қабат арқылы өткізіп ірідисперсті қоспалардан тазартады.

Сүзу процесінің нәтижелігі судың құрамындағы қоспалардың физика-химиялық қасиеттеріне, ортаның кеуектілігіне және гидродинамикалық факторларға байланысты болады.

Сүзу процесінің нәтижесінде су жүзгінді бөлшектерден толық ажыратылады, олар сүзгіде немесе сүзгінің ішінде тұнба түрінде тұнып, оның кеуектерін жауып тастайды. Сәйкесінше сүзу процесі **тұнба түзу** және **кеуектерді жабу** арқылы жүреді. Тұнба түзу сүзу процесінде сүзу процесі сузуші қабатта жүреді, қатты бөлшектер бұл қабат арқылы

өтпейді. Кеуектерді жабу арқылы жүретін сүзу процесінде қатты бөлшектер кеуектердің ішіне тұнады, ал сүзуші қабаттың бетінде тұнба түзілмейді. Яғни, сүзу процесі сүзілетін бөлшектердің өлшемдері мен кеуектердің нәтижелік диаметрлерінің қатынасына байланысты сүзу қабатының көлемінде **(адгезиялық сүзу)** немесе оның бетінде **(жұқа қабықта сүзу)** жүреді.

Егер кеуектердің диаметрі бөлшектердің диаметрінен үлкен болса, онда бөлшектер су ағынымен қабаттың кеуектеріне еніп, соның ішінде ұсталады. Керісінше, егер кеуектердің диаметрі бөлшектердің диаметрінен кіші болса, онда бөлшектер қабаттың бетінде тұнып жұқа қабат түзеді. Қазандықтар мен ЖЭС-дағы СДҚ-да адгезиялық сүзу, ал конденсатты тазарту жүйелерінде жұқа қабықта сүзу процестері қолданылады.

2.3.2 Сүзуші материалдар және оларға қойылатын талаптар

Суды механикалық қоспалардан тазарту үшін өнеркәсіптік жағдайда көбінесе майда сусымалы заттар қолданылады. Оларға қойылатын негізгі талаптарға олардың өңделетін судағы тұрақтылығы, арзандылығы мен қолжетімділігі жатады.

Су тазартуда қолданылатын сүзгілерді таңдау механикалық қоспалардың түріне байланысты болады. Мысалы, тазартылған судың құрамындағы кремнийдің мөлшері маңызсыз болса, онда кварц құмы немесе керамика қиыршықтары қолданылады. Бұл материалдар арзан және қолжетімді, бірақ сумен әрекеттесіп кремний оксидтерін түзуі мүмкін. Сондықтан, бұл жағдайда тұрақты, бірақ қымбат материалдар - қиыршықталған антрацит, сульфакөмір, техникалық фильтрперлит, дивинилбензол мен стиролдың сополимері қолданылады.

Сусымалы материалдарды қолдану барысында сүзуші қабаттың кеуектері бірігіп кеуекті каналдар түзеді, олар арқылы тазартылатын су ағады. Судың гидравликалық қозғалу ережесі және тазарту сапасы осы каналдардың қабаттың көлем бірлігіндегі пішіміне, өлшемдеріне және мөлшеріне байланысты болады. Сондықтан сүзу процесінің механизімін

қарастырғанда осы қабаттардың геометриялық сипаттамаларын ескеру қажет.

Қазандықтар мен ЖЭС-да сүзгілеу материалдары ретінде негізінен кварц құмы, майдаланған антрацит, сульфакөмір, КУ-2 катиониті, целлюлоза, перлит және т.б. қолданылады. Қазіргі кезде сіңіру сыйымдылығы және тазартқыш нәтижелігі жоғары материалдар керамзит, жанар тау шлактары, жанған кендер, шунгизит және т.б. қолданылады. Суды ірідисперсті қоспалардан тазарту үшін қалқып жүретін көбіктелген полистирол түйіршіктері, газбен толтырылған керамзит түйіршіктері және т.б. қолданылады.

Бірақ өндірістік жағдайда көбіне антрацит қолданылады. Ол салыстырып қарағанда арзан, химиялық төзімді. Оның тазартылатын сумен әрекеттесуі нәтижесінде пайда болатын кремний қышқылының концентрациясы шамамен 2мг Si_3^{2-}/дм^3H_2O, судың тотығуы 8мг O_2/дм^3H_2O, құрғақ қалдық 10мг/дм^3 болады. Антрацит механикалық төзімді, оның жылдық шығыны шамамен 2,5%-ды құрайды.

Кейбір сүзу материалдарының геометриялық сипаттамалары 2.1 кестеде көрсетілген.

2.1 кесте. Сүзу материалдарының геометриялық өлшемдері

Сүзгілеу материал	Қабаттың кеуектілігі, ε	Пішін коэффициенті, $a_ф$	Біртексіздік коэффициенті, η	Орташа беттік диаметрі d, мм
Кварц құмы	0,44	0,67	1,95	0,65
Антрацит	0,54	0,66	2,00	0,80
Сульфакөмір	0,56	0,66	2,37	0,70

Конденсатты тазарту жүйелерінде көп жағдайда сульфакөмір немесе КУ-2 катиониті қолданылады.

Сүзуші қабатты таңдаған кезде оның кеуектілігі, химиялық тұрақтылығы, механикалық беріктігі, жылутөзімділігі және сүзу шарттары ескеріледі. Демек, сүзу материалдарына қойылатын талаптар:

1) механикалық беріктігі жоғары;

2) химиялық тұрақты;

3) фракциялық құрамы дұрыс таңдалған;

4) пішін коэффициенті мүмкіндігінше жоғары болуы керек, себебі тегіс түйіршіктердің сүзгілеу қабілеті төмендеу болады.

2.3.3 Сүзгілерді жіктеу

Судайындауда қолданылатын түссіздендіргіш сүзгілер келесі белгілері бойынша жіктеледі:

1) сүзгілеу материалдарының фракциялық құрамы бойынша: төгілмелі және жуылмалы;

2) қысымға байланысты: ашық және қысымды;

3) сүзгілеу қабатының саны бойынша: бірқабатты және көпқабатты;

4) қатар жұмыс істейтін камералар саны бойынша: біркамералы және көпкамералы;

5) сузгілеу тәсілі бойынша: бірағынды және екіағынды.

Қазандықтар мен ЖЭС-ның СДҚ жүйелерінде негізінен бір немесе екі сүзгілеу қабаты бар төгілмелі қысымды бірағынды біркамералы және қысымды екікамералы сүзгілер қолданылады. Қысымды екікамералы сүзгілерді қолдану оларды жасауға жұмсалатын металдың шығынын және оны орнатуға қажет алаңның көлемін азайтуға мүмкіндік береді.

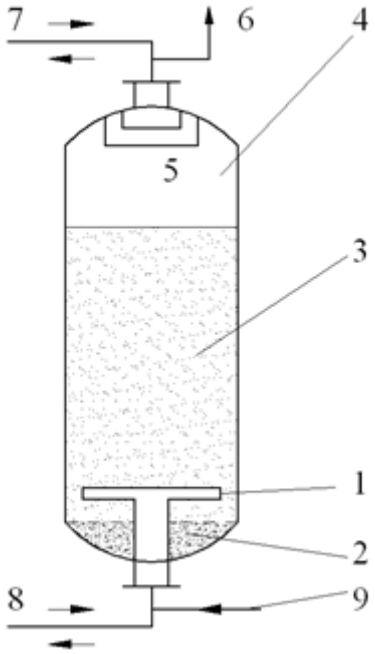
Мақсатына байланысты сүзгілер өнімдік және тазартушы болып бөлінеді. Егер сүзу нәтижесінде қатты өнім немесе жартылай өнім алынатын болса сүзу **өнімдік** деп аталады (мысалы, кальцийлендірілген сода өндірісіндегі натрий гидрокарбонатын алу). Егер сүзудің мақсаты сұйық өнімді алу немесе оны қоспалардан ажырату болса сүзу **тазартушы** деп аталады. СДҚ-ғы суларды, өнеркәсіптік ағызынды суларды жүзгінді бөлшектерден (лай, құм, көмір шаңы және т.с.с.) тазарту үшін қолданылатын сүзу тазартушы сүзу болып саналады.

2.3.4 Бірағынды сүзгінің құрылысы, жұмыс істеу принципі және есептеу негіздері

Қысымды бірағынды сүзгі (2.2-ші сурет) сфералық түбі бар цилиндр кораптан тұрады. Сүзгінің ішіне сүзгілеу материалының қабаты және дренажды-үлестіргіш құрылғы орналастырылған. Дренажды-үлестіргіш

құрылғы суды сүзгінің барлық ауданы бойынша біркелі үлестіру және жинау үшін қолданылады. Сүзгілеу қабатының биіктігі шамамен бір метрді құрайды. Сүзгінің ішкі қуысының бір бөлігі бос болады. Бұл тазартылатын судың жылдамдығын теңестіру және сүзгілеу қабатын кеңейту үшін қолданылады.

Металдың шығынын төмендету және орналастыру алаңының көлемін азайту мақсатымен екі- және үшкамералы механикалық сүзгілер қолданылады. Механикалық сүзгілердің камералары параллель жұмыс істейді.



2.2 сурет. Тік бірағынды механикалық сүзгі:
1, 5 – үлестіргіш құрылғы; 2 – бетон; 3 – сүзгілеу материал; 4 – ауалы жастық; 6 – ауа үрлегіш; 7 – бастапқы судың кірісі мен жуатын судың шығысы; 8 – тазартылған судың шығысы мен жуатын судың кірісі; 9 – сығылған ауа.

Механикалық адгезиялық сүзгілердің жұмысы судың тұрақты шығынын және жууға уақытылы тоқтатуды қамтамасыз етеді. Қолдану барысында қысымның белгілі ауытқуларында (шамамен 0,2МПа) сүзгілерді жиі тоқтатып тұрады. Сүзгілерді тұнған қоспалардан тазарту мақсатымен әр 20 минут сайын оларды кері бағытта берілетін сумен шаяды. Шаю барысында қабат 30–50%-ға кеңейеді, соның нәтижесінде

тұнған қоспалар сумен бірге шайылып кетеді. Қазіргі уақытта жуынды суларды мөлдірлегіштерге жібереді.

Жуынды сулардың шығынын келесі формула бойынша есептейді:

$$g = i_{жуын} \cdot F_c \qquad (2.18)$$

мұндағы: F_c – сүзгінің көлденең қиындысының ауданы, $м^2$; $I_{жуын}$ - жуу қарқындығы, фракциялардың өлшемдеріне және қабаттың биіктігіне байланысты ол 12-15 кг/(с·$м^2$) құрайды.

Жуу процесін үдету үшін қабаттың астынан сығылған ауа беріледі, осының әсерінен процестің жылдамдығы жоғарылайды және жууға берілетін судың шығыны төмендейді.

Механикалық сүзгілерді жуу үшін мөлдірлендірілген су қолданылады, сондықтан мөлдірлендірілген су бактарының сыйымдылығын есептегенде бір сүзгіні жууға қажет судың шығыны және оның бір сағаттық қоры ескерілуі керек.

Механикалық сүзгілердің қажетті санын есептеу кезінде сүзу процесінің жылдамдығын 10м/сағ, ал бірбағытты коагуляция процесінде 5м/сағ етіп алады. Қолданылатын сүзгілердің саны үштен кем болмауы керек (екеуі жұмыста, ал біреуі тазартуда), сонымен қатар бір сүзгі негізгі сүзгілерді жөндеу немесе тексеру, сүзгілеу материалын қайта тиеу үшін қолданылады.

2.4 Бақылау сұрақтары

1. Суды алдын-ала тазарту сатылары.
2. Коагуляция және коагуляция процесінің механизмі.
3. Коагуляция процесінің сатылары.
4. Коагулянттың тиімді мөлшерін анықтау және оған әсер ететін факторлар.
5. Флокуляция және флокулянттарды жіктеу.
6. Ізбестеу процесінің механизмі.
7. Суды ізбестеу нәтижелігін анықтайтын көрсеткіштер.
8. Әк-содалы тәсілдің қолданылуы.

9..Суды алдын-ала тазартуда қыйыстырылған тәсілдер қай жағдайда қолданылады?

10. Суды ізбестеу тәсілімен дайындаудың сызба-нұсқасы және оның сипаттамасы.

11. Сүзу процесінің физика-химиялық негіздері.

12. Адгезиялық және жұқа қабықта сүзу процестерінің айырмашылығы.

13. Сүзгілеу материалдарының түрлері және оларға қойылатын талаптар.

14. Мөлдірлегіш сүзгілерді жіктеу белгілері.

15. Бірағынды механикалық сүзгінің құрылымы.

16. Жуынды сулардың шығынын және механикалық сүзгілердің қажетті санын қалай есептейді?

3 БӨЛІМ. СУДЫ ТҰЗСЫЗДАНДЫРУ

3.1 Суды тұзсыздандырудың ионалмасу тәсілдері

3.1.1 Суды тұзсыздандыру тәсілдерін жіктеу

Соңғы жылдары судың құрамындағы минералды заттардың концентрациясы жоғарылауда, сондықтан көптеген табиғи су көздеріндегі сулар тұздылау болып саналады. Өзен суларының тұздылығының жоғарылауының негізгі себебі - олардың өнеркәсіптік және ауылшаруашылық ағызынды сулармен ластануы. Сондықтан ЖЭС мен АЭС-да қолданылатын суларды міндетті түрде тұзсыздандыру қажет.

Қазіргі уақытта жартылай немесе толық тұзсыздандырудың көптеген тәсілдері әзірленіп қолданылуда. **Тұзсыздандыру тәсілдері** келесі белгілері бойынша жіктеледі:

1) судың фазалық құрамының өзгеруі бойынша: дистилляция, гелиотұзсыздандыру, мұздату;
2) мембраналық: электродиализ, кері осмос;
3) хемосорбциялық тәсілдер: ионитті тұзсыздандыру.

Электростанцияларда көбіне ионитті тұзсыздандыру және дистилляция қолданылады. Мембраналық тәсілдер судың минералды құрамын жартылай төмендету үшін ғана қолданылады. Сондықтан, ионитті, термиялық және мембраналық тұзсыздандыру тәсілдерін қарастырамыз.

3.1.2 Ионалмасу процесінің физика-химиялық негіздері.

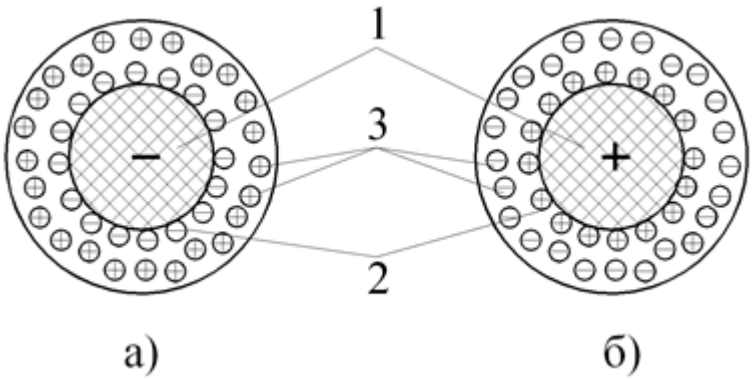
Алдын-ала тазартудан өткен судың құрамында ірідисперсті қоспалар мен коллоидты заттар болмайды. Бірақ қоспалардың негізгі бөлігі шынайы-еріген күйде болады, сондықтан бұл суды ары қарай тазарту қажет. Қазіргі уақытта ионитті, термиялық және мембраналық тұзсыздандыру тәсілдері қолданылады. Термиялық тәсіл әдетте ионитті тәсілмен қатар қолданылады.

Суды тазартудың **иониттік тәсілі** арнайы материалдардың (иониттердің) судағы қоспалардың ионитті құрамын өзгерту қабілетін қолдануға негізделген. Ионалмасу процесі адсорбция процесінен әлдеқайда ерекше болады. Адсорбция процесінде заттар қандай-да бір

заттың бетіне тұнып жиналады. Ал ионалмасу процесінде иондар ерітіндіге өтіп, орнына ерітіндідегі басқа иондар ауысады, яғни ионалмасу кезінде иондардың бір түрі басқа түрлермен ауыстырылады.

Иониттердің ионалмасу қабілеті олардың құрылысымен түсіндіріледі. Қандай-да бір ионит қатты негізден (матрицадан) тұрады, оның бетіне арнайы функционалды топтар енгізіледі. Оларды ионитті ерітіндіге салған кезде оның бетінде потенциалтүзетін иондар, яғни заряд түзу қабілеті пайда болады. Осының әсерінен қатты фазаның сыртында теріс зарядталған иондардан тұратын диффузиялық қабат пайда болады. Иониттердің функционалды топтарының ерітіндідегі иондарды адсорбциялау нәтижесінде (мысалы, $-NH_3+H^+ \rightarrow NH_4^+$) немесе су молекулаларының әсерінен функционалды топтардың диссосациясының нәтижесінде (мысалы, $-SO_3H \rightarrow SO_3^- + H^+$) потенциалтүзетін иондар пайда болуы мүмкін. Диссосация процесінде ерітіндіге өтетін иондар диффузиялық қабат түзеді. Диффузиялық қабаттың иондарының кинетикалық энергиясы өте жоғары болғандықтан олар диффузиялық қабаттан ерітіндіге өтуі мүмкін, бірақ ол үшін бөлінетін ионның зарядтары бірдей болуы керек. Сондықтан ионитті қатты электролит ретінде қарастыруға болады (3.1-ші сурет). Яғни, ионалмасу реакциялары электролиз процесінің заңдылықтарына, атап айтқанда ионалмасудың эквиваленттік ережесіне, процестердің қайтымдылығына, таңдаушылығына және ионалмасу теңдігін орнату жылдамдығына бағынады.

Ионалмасу **эквиваленттілігінің** нәтижесінде қандай-да бір ионның ерітіндідегі концентрациясының төмендеуі иониттен ерітіндіге өтетін ионның концентрациясының эквивалентті жоғарылауына алып келеді. Бұл заңнан ауытқулар жанама реакциялардың жүруімен түсіндіріледі. Мысалы, егер ионалмасу нәтижесінде ерітіндіге H^+ иондары өтетін болса, онда олар HCO_3^- иондарымен әрекеттесіп CO_2 түзеді. Осының нәтижесінде ерітіндідегі H^+ иондарының концентрациясы төмендейді де, ионалмасу процесінің эквиваленттілігі бұзылады.



3.1сурет. Иониттердің құрылымы:
а – катионит; б – анионит; 1 – матрица (иониттің қатты көпатомды қаңқасы); 2 – потенциалтүзуші иондар (белсенді топтың қаңқамен байланысқан қозғалмайтын иондары); 3 – диффузиялық қабаттың иондары (алмасуға қабілетті белсенді топтың қозғалатын иондарымен шектелген).

Ионалмасу процесінің **қайтымдылығы** негізгі заңдылықтардың бірі болып табылады, бұл ионалмасу материалдарын үнемді қолдануға мүмкіндік береді. Ионалмасу процесінің бағыты әсерлесуші заттар заңына байланысты болады. Иониттер тозған кезде, ерітіндідегі бастапқы ионалмасу иондарының концентрациясын жоғарылату арқылы иониттерді бастапқы қалпына келтіруге болады, яғни иониттерді регенерациялауға болады.

Иониттердің белгілі бір иондарды сіңіру қабілетін **таңдаушылық** деп атайды. Таңдаушылық ионалмасу процесінде өте үлкен рөл атқарады. Ионалмасу процесіндегі таңдаушылықтың физика-химиялық негіздері Кулон заңдарымен түсіндіріледі.

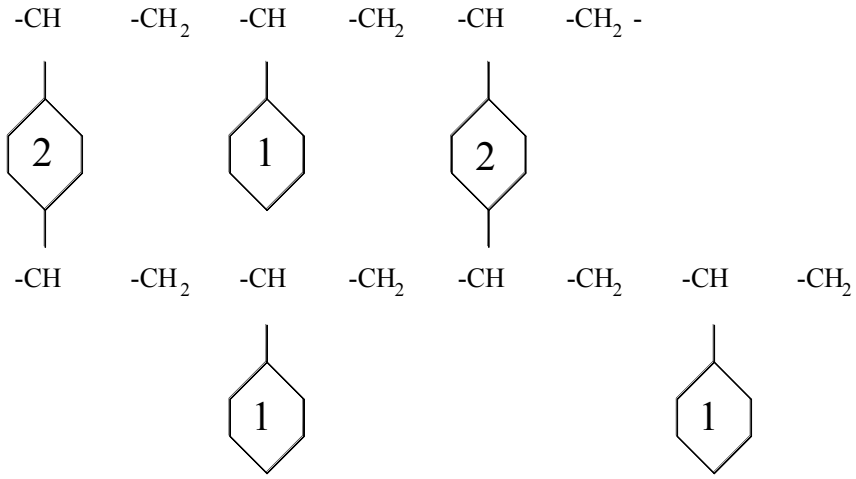
3.1.3 Ионалмасу материалдары және олардың сипаттамасы

Барлық ионалмасу материалдары химиялық құрамы бойынша екі топқа бөлінеді: минералды және органикалық. Минералды ионниттер ЖЭС-да мүлдем қолданылмайды, себебі олардың сіңіру сыйымдылығы төмен және олар қышқыл ортада ыдырап кремний қышқылын түзеді.

Қазіргі уақытта ЖЭС-да негізінен арнайы органикалық синтетикалық иониттер қолданылады. Иониттерді синтездеу барысында матрица құрып оның құрамына функционалды топтарды енгізу қажет. Бұл екі тәсілмен жүзеге асырылады: 1) судың құрамындағы ерімейтін органикалық

заттардың құрамына немесе 2) бөлек ерімейтін затты алып оның құрамына функционалды топтарды енгізу арқылы. Бірінші тәсіл бойынша әртүрлі маркалы сульфакөмірлер алынады. Ол үшін фракцияланған көмірді (қоңыр көмір, антрацит) күкірт қышқылымен өңдейді. Бұл жағдайда гумификация процесінің нәтижесінде карбоксил топтары және сульфирлеу нәтижесінде сульфатоп пайда болады.

Иониттерді жасанды шайырлар негізінде синтездеуге де болады. Соңғы жылдары стирол негізінде алынатын полимеризациялық шайырлар қолданылып жүр. Стиролдың полимеризациялану нәтижесінде үшөлшемді сызықтық полимер пайда болады:



3.2 сурет. Үшөлшемді сызықтық полимердің құрылымы.
1 - стирол молекулалары, 2 – дивинилбензол молекулалары.

Бұл полимер созылымды және суда ісінеді. Бұл полимерде кеуектер болмайды, кеуектердің рөлін ісінген полимердің молекулаларының арасындағы арақашықтық ойнайды, оның ұзындығы шамамен 3нм-ді құрайды. Бірақ қазіргі кезде микрокеуектерінің радиусы $8\text{-}2\cdot10^4$нм болатын арнайы полимерлер дайындалуда.

Шайырдың материалына ионалмасу қасиетін беретін функционалды топтар бензол ядросына қосылып, оның құрамындағы сутегі атомының орнын басады. Иониттерге катиониттер қасиетін беретін топтарға $–SO_3H$ (сульфотоп), –COOH (карбоксилді) және –OH (фенолды) жатады. Катиониттердің функционалды топтары суда диссосацияланып сутегі

ионын бөліп шығарады, олар диффузиялық қабат түзеді. Құрамында сульфатоптары бар көпфункционалды катиониттер күшті қышқылды, ал карбоксил топтылар әлсіз қышқылды болып саналады. Құрамында екі топ та болатын полифункционалды катиониттер де болады, оларға сульфакөмір жатады.

Материалдарға анионалмасу қасиеттерін беретін топтарға әртүрлі аминотоптар (≡N, =NH, $–NH_2$) және төртбасымды аммоний ($–NR_3OH$) топтары жатады. Бірінші үш топ қосылған кезде әлсізсілтілі аниониттер түзіледі, ал $–NR_3OH$ иондары аниониттерге күштісілтілік қасиеттер береді. Аминотоптар сутек ионын сіңіріп $-NH_3^+ = NH_2^+$ комплексін (потенциалтүзуші иондар) түзеді, содан кейін диффузиялық қабат түзіледі. $–NR_3OH$ ионының диссоциялануының нәтижесінде OH^- иондары диффузиялық қабатқа өтеді. Әлсізсілтілі аниониттер тек қана қышқыл ортада жұмыс істейді, ал күштісілтілі аниониттер pH мәнінің кең шегінде жұмыс істей алады.

Иониттердің физика-химиялық және технологиялық қасиеттеріне олардың фракциялық құрамы, төгілмелі тығыздығы, химиялық тұрақтылығы, механикалық беріктігі, алмасу сыйымдылығы, қышқылдығы немесе сілтілігі жатады. Олар иониттердің сапасын анықтайды.

Ионалмасу технологиясында диаметрі 0,3-2мм құрайтын иониттер қолданылады. Ылғал жағдайда иониттер ісінеді, сондықтан сүзгілерді толтырған кезде осы жағдайды ескеру қажет. Ісіну дәрежесінің ($К_Н$) мәні иониттердің материалына, иондық формасына, ортаның pH-на және т.б. факторларға байланысты болады, және 1,05-2,0-ге тең болуы мүмкін.

Қолдану нәтижесінде иониттер күйзеледі, майдаланады, соның әсерінен сүзуші қабаттың гидравликалық кедергісі жоғарылайды. Сондықтан, иониттердің күйзелу коэффициентімен сипатталатын **механикалық беріктігіне** аса көңіл бөлінеді. Ол бір жылда жоғалған салмақтың пайыз бірлігімен анықталады. Механикалық төзімді иониттердің күйзелу коэффициенті жылына 0,5%-н төмен болуы керек.

Иониттердің **химиялық тұрақтылығы** ортаның pH-на, суда еріген иондардың табиғаты мен концентрациясына және температураға байланысты болады. Температураның жоғарылауымен иониттердің химиялық тұрақтылығы төмендейді, сондықтан ионалмасу сүзгілеріндегі температура 313К-н жоғары болмауы керек.

Иониттердің негізгі сипаттамасы ретінде алмасу сыйымдылығы қолданылады, ол берілген шарттарда иондардың белгілі мөлшерін сіңіру қабілетін көрсетеді. **Алмасу сыйымдылығы** ***E*** (г-экв/м^3 ионитке) иониттің салмақ (моль/дм^3) немесе көлем (моль/дм^3) бірлігінде сіңірілген иондардың мөлшерімен анықталады. Алмасу сыйымдылығы көптеген факторларға байланысты болады, оларға регенерация шарттары, иондардың формасы, сіңірілетін иондардың табиғаты, судың pH мәні, су ағынының жылдамдығы, қабаттың геометриялық сипаттамалары жатады. Мысалы, сульфакөмірлердің алмасу сыйымдылығы E=1000г-экв/м^3, алюмосиликаттардың алмасу сыйымдылығы E=850г-экв/м^3.

Ионалмасу процесі циклді болып саналады. Иониттер тозғаннан кейін олардың алмасу қабілетін қалпына келтіру, яғни регенерациялау қажет. Бұл үшін ионалмасу процестерінің қайтымдылығы қолданылады. Регенерациялау процесінде иониттің қабаты арқылы құрамында бастапқы алмасу иондары бар регенерациялық ерітінді жіберіледі.

3.2 Ионалмасу технологиясы

3.2.1 Na-катиондау процесінің механизмі

Су дайындау технологиясында екі процесс қолданылады: **катиондау** – катиондарды бөліп алу және **аниондау** – аниондарды бөліп алу.

Na-катиондау процесі сілтілігі төмен суларды жұмсарту үшін қолданылады. Na-катиондау процесінде суды бастапқыда Na-формада болатын катиониттің қабаты арқылы өткізеді. Бұл процесте су Ca^{2+} және Mg^{2+} иондарынан тазартылады, процесте келесі реакциялар жүреді:

$$2R/Na^+ + Ca^{2+} \rightleftharpoons R_2/Ca^{2+} + 2Na^+ \qquad (3.1)$$

$$2R/Na^+ + Mg^{2+} \rightleftharpoons R_2/Mg^{2+} + 2Na^+ \qquad (3.2)$$

мұндағы R – матрица мен функционалды топтардың жиынтығы.

3.1-ші және 3.2-ші реакциялардан судың аниондық құрамы өзгермейтінін, яғни катиондардың концентрациясының тұрақты болатынын көруге болады. Бірақ ерітіндідегі катиондардың салмақтық концентрациясы біршама жоғарылайды, себебі натрий иондарының эквивалентті салмағы кальций мен магний иондарының эквивалентті салмақтарынан жоғары.

Na-катиондау процесінен кейінгі судың құрамындағы тұздардың мөлшері бастапқы судың құрамындағы тұздардың мөлшерінен жоғары болады. Себебі Na-катиондау процесінінің нәтижесінде судағы қоспалардың аниондық құрамы және сілтілігі өзгермейді.

Na-катиондау процесінде күйзелген катионитті қалпына келтіру үшін ас тұзының 6-8%-ды ерітіндісі қолданылады. Катионитті регенерациялау нәтижесінде келесі реакциялар жүреді:

$$R_2/Ca^{2+} + nNa^+ \rightleftharpoons 2R/Na^+ + Ca^{2+} + (n-2)Na^+ \qquad (3.3)$$

$$R_2/Mg^{2+} + nNa^+ \rightleftharpoons 2R/Na^+ + Mg^{2+} + (n-2)Na^+ \qquad (3.4)$$

мұндағы n – NaCl-ң стехиометриялықтан артық мөлшері.

Суды Na-катиондау тәсілімен жұмсарту ЖЭС-да қосымша суды дайындау үшін қолданылады. Бұл тәсілдің **негізгі кемшілігі:** дайындалған судың құрамында кальций және натрий хлоридтері мен сульфаттарының мөлшері көп болады. Сондықтан, Na-катиондау тәсілін тек қана ағызынды суларды тазарту шаралары шешілген жағдайда ғана қолданылуға болады.

3.2.2 H-катиондау механизмі

H-катиондау процесі суды катиондардан тазарту үшін қолданылады, ол басқа да иондау процестерімен қатар қолданылады. H-катиондау процесінде келесі реакциялар жүреді:

$$2R/H^+ + Ca^{2+} \rightleftharpoons R_2/Ca^{2+} + 2H^+ \qquad (3.5)$$

$$2R/H^+ + Mg^{2+} \rightleftharpoons R_2/Mg^{2+} + 2H^+ \qquad (3.6)$$

$$R/H^+ + Na^+ \rightleftharpoons R/Na^+ + H^+ \qquad (3.7)$$

Н-катиондау процесінде негізгі процеспен қатар судың бикарбонатты сілтілігінің ыдырауы жүреді. Фильтрат қышқыл болады, оның мәні H^+ иондарының қалдықты концентрациясына тең болады.

Н-катионитті сүзгілерді регенерациялау үшін күкірт қышқылының 1-1,5% ерітіндісі қолданылады:

$$R_2/Ca^{2+} + nH^+ \rightleftharpoons 2R/H^+ + Ca^{2+} + (n-2)H^+ \quad (3.8)$$

$$R_2/Mg^{2+} + nH^+ \rightleftharpoons 2R/H^+ + Mg^{2+} + (n-2)H^+ \quad (3.9)$$

$$R/Na^+ + nH^+ \rightleftharpoons R/H^+ + Na^+ + (n-1)H^+ \quad (3.10)$$

3.2.3 Аниондау және процестің механизмі

Суды аниондау процесі оның құрамындағы аниондарды бөліп шығару мақсатымен жүргізіледі. Аниондау процесімен қатар катиондау процесі жүргізілген кезде судан аниондар да катиондар да шығарылады, яғни химиялық тұзсыздандыру процесі жүреді. Аниондау процесінде суды аниониттер қабаты арқылы сүзгенде аниондар келесі реакциялар бойынша сіңіріледі:

$$R/OH + Cl^- \rightleftharpoons R/Cl^- + OH^- \quad (3.11)$$

$$2R/OH + SO_4^{2-} \rightleftharpoons R_2/SO_4^{2-} + 2OH^- \quad (3.12)$$

Процестің нәтижесінде OH^- иондарының суға өтуі оның pH мәнін жоғарылатады, соның нәтижесінде H_2CO_3 пен H_2SiO_3 әлсіз қышқылдар диссоцияланады. Яғни, олар жоғарысілтілі аниониттер қолданған кезде алмасу реакцияларына қатысады:

$$R/OH^- + H^+ + HCO_3^- \rightleftharpoons R/HCO_3^- + H_2O \quad (3.13)$$

$$R/OH^- + H^+ + HSiO_3^- \rightleftharpoons R/HSiO_3^- + H_2O \quad (3.14)$$

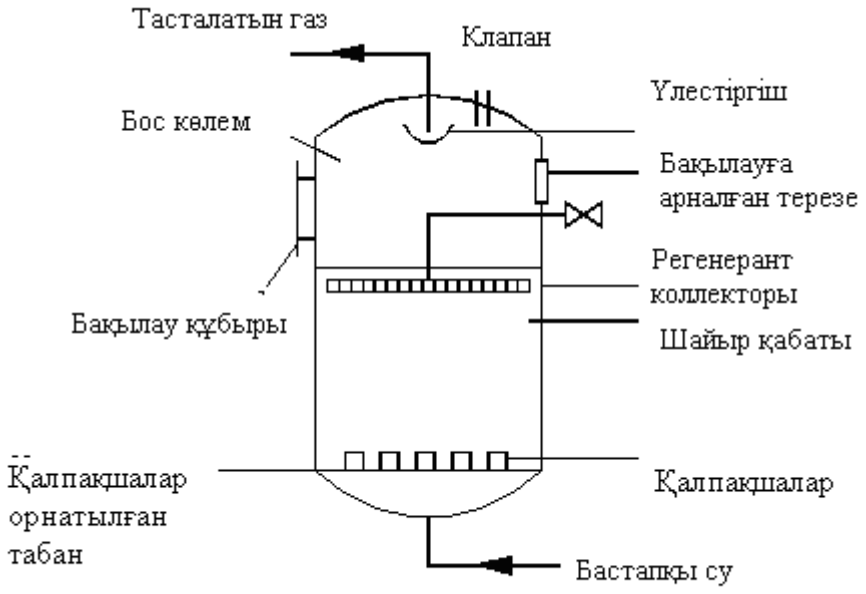
Қышқыл суларды аниондау процесінің нәтижесінде OH^- иондарының концентрациясы жоғарыламайды, себебі бұл иондар судағы сутегі иондарымен байланысады.

Анионитті сүзгілерді регенерациялау үшін NaOH-ң 4%-ды ерітіндісі қолданылады.

Жоғарысілтілі ОН-анионитті сүзгілерді қолдану мақсаты - судың құрамындағы кремний қышқылын бөліп шығару, сондықтан аниониттің сыйымдылығын жоғарылату үшін тазартуға берілетін судағы бикарбонат-иондарының концентрациясын төмендету қажет. Бұл СДҚ жүйелерінде деаэраторларда немесе декарбонизаторларда CO_2-ні десорбциялау арқылы жүзеге асырылады.

3.2.4 Иониттерді регенерациялау

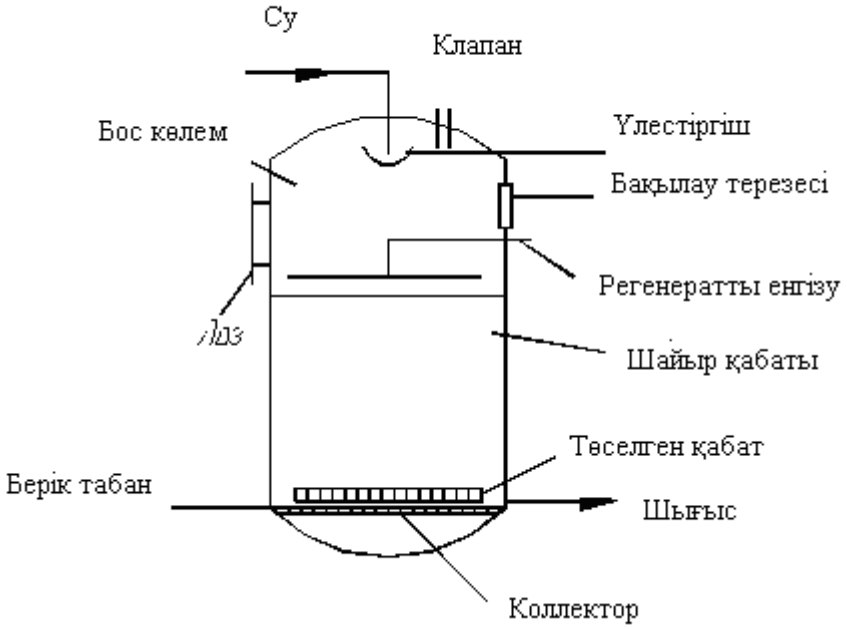
Шайырды қопсыту сүзгісінің сызба-нұсқасы 3.3-ші суретте көрсетілген. Сүзгінің бос көлемінің үлкен болуы қопсыту процесінде шайырдың көлемінің еркін үлкейуіне мүмкіндік береді. Қопсыту процесінің нәтижесінде шайыр қабаттарының үлестірілуі нашарлайды, нәтижеде өңделетін судың сапасы төмендейді. Қысымның ауытқуына байланысты әрбір 20-50 айналымда бір рет қопсыту процесін жүргізу қажет. Қопсытудан кейін екі рет регенерациялау процесін жүргізеді.



3.3 сурет. Қопсытуға арналған сүзгінің сызба-нұсқасы.

Бірбағытты регенерациялы сүзгінің құрылысы өте қарапайым болады. Жоғарыдағы үлестіргіш жүйе қарапайым үлестіргіш түрінде жасалады. Сүзгінің бос көлемінің үлкен болуы (50-ден 100%-ға дейін) қопсыту

кезінде шайырдың көлемінің үлкейуіне мүмкіндік береді. Қопсыту процесі шайырдың бетінде тұнған қоспаларды жою үшін қолданылады, себебі олар қысымның ауытқуына алып келеді. Бастапқы судағы қатты жүзгінді бөлшектер жүйенің жұмысына әсер етпейді. Бірбағытты регенерациялық сүзгінің сызба-нұсқасы 3.4-ші суретте көрсетілген.



3.4 сурет.Бірбағытты регенерациялық сүзгінің сызба-нұсқасы.

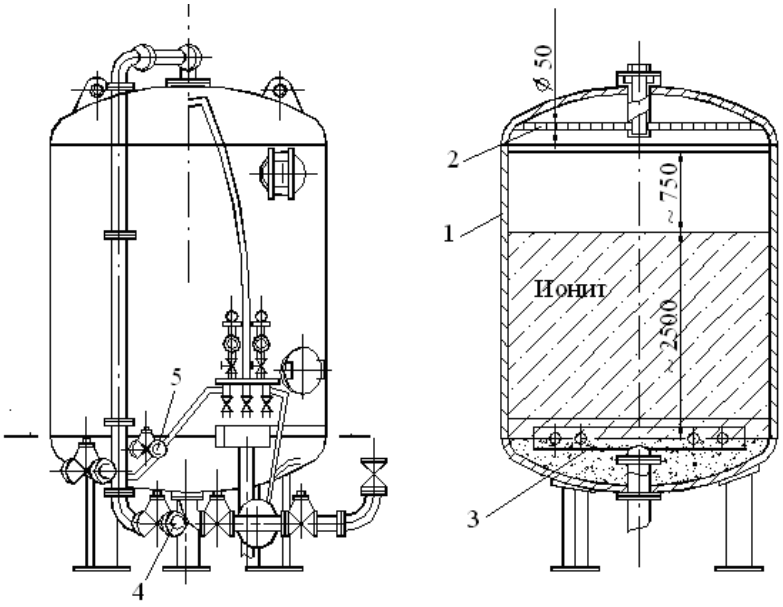
3.2.5 Ионитті сүзгілердің түрлері және оларды салыстыру.

Иониттік сүзгілер ағындардың бағыты бойынша бірбағытты және керіағынды болып бөлінеді. Бірбағытты иониттік сүзгінің сызба-нұсқасы 3.5-ші суретте көрсетілген.

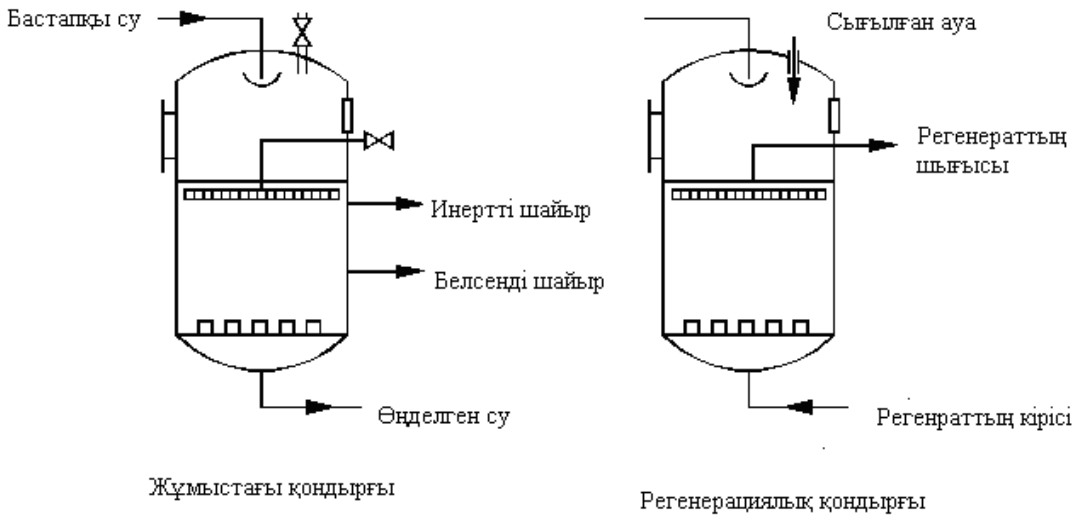
Керіағынды иониттік сүзгілер (3.6 сурет) ЖЭС мен АЭС-да судайындау қондырғыларында суды химиялық тұзсыздандыру және жұмсарту үшін катионитті және анионитті сүзгілер ретінде қолданылады.

Керіағынды иониттік технологияда регенерациялық ерітінді мен өңделетін су қарама-қарсы бағытта беріледі. Керіағынды тәсілде сүзіндінің сапасы жоғары болғандықтан технологиялық үлгіде аралық саты болмайды, яғни сүзгілер санын және қолданылатын иониттердің көлемін азайтуға болады. **Керіағынды сүзгілерге қойылатын негізгі**

талап – иониттердің шығыс қабаттары қозғалмауы керек. Тек осы жағдайда иониттің тазартылған қабаты оның әліде толық тазартылмаған қабатымен араласпайды, нәтижесінде жоғары сапалы сүзінді алынады.



3.5 сурет. Тік бірбағытты иониттік сүзгі.
1 – қаңқа; 2,3 – жоғарғы және төменгі үлестіргіш жүйелер; 4 – өңделетін суды беру; 5 – регенерациялық ерітіндіні беру; 6 – сүзіндінің шығысы; 7 – жуынды суды шығару; 8 – қопсытуға берілетін су.



3.6 сурет. Керіағынды иониттік сүзгі. 1 –жұмыс уақытында; 2 –регенерациялау барысында.

Бірбағытты сүзгілерді керіағынды сүзгілермен алмастыру нәтижесінде реагенттердің шығыны 1,5-2есе, қолданылатын судың көлемі 2есе, сүзу қондырғыларының саны 3есе және ионалмасу шайырларының көлемі 2,5есе азаяды.

3.2.6 Ионитті су дайындаудың азағынды үлгілері

ЖЭС-да көп мөлшерде табиғи су қолданылып, ағызынды сулар шығарылады. Ағызынды сулардың мөлшерін азайту судайындау технологияларын жетілдіру және оларды қайта өңдеу арқылы жүзеге асырылады.

Азағынды технологиялардың дәстүрлі технологиялардан айырмашылықтары:

l) керіағынды және екіағынды-керіағынды сүзгілерді қолдану;

2) химиялық тұзсыздандыру мен мембраналық тәсілдерден тұратын кешенді технологиялық үлгілерді қолдану;

3) NaCl және H_2SO_4 ерітінділерін тұзсыздандыру қондырғыларында регенерациялау үшін Н-катиондау сүзгілерін қолдану;

4) катионитгің жұмысшы сыйымдылығын жоғарылату мақсатымен аралық жууды қолдану және ағызынды регенерациялық суларды кермектілігі бойынша бөлу;

5) сүзгілерде әлсіз және күшті диссосацияланатын иониттерді үлейстіру және т.б.

ЖЭС-да ионалмасу нәтижесінде пайда болған ағызынды суларды қайта өңдеу тәсілдері:

1) анионитті сүзгілерде сода немесе күйдіргіш натрий ерітінділерін қолдану арқылы қоспаларды қиынеритін тұздарға ($CaSO_4$, $CaCO_3$ және $Mg(OH)_2$) айналдыру;

2) қолданылған регенерациялық ерітінділерден Ca^{2+} иондарын бөліп алу;

3) регенерациялық ерітінділерді қайта қолдану;

4) электродиализдік қондырғыларды қолдану.

3.3 Суды тазартудың мембраналық тәсілдері

3.3.1 Суды кері осмос тәсілімен тазарту

Кері осмос (гиперсүзу) процесінде сүзгілер ретінде диаметрі шамамен 1нм құрайтын полимерлі мембраналар (ацетилцеллюлозалық, полиамидті және т.б.) қолданылады. Процесс 5-10МПа қысымда жүргізіледі. Кері осмос принципі осмос құбылысына негізделген. Осмос құбылысынды еріткіш жартылайөткізгіш мембрана арқылы ерітіндіге емін-еркін өтеді. Егер тек қана судың молекуласын өткізу қабілеті бар жартылайөткізгіш мембрананың бір бөлігіне таза су, екінші бөлігіне қандай да бір тұздың сулы ерітіндісін орналастырсақ келесі процесс жүреді: Екі бөліктегі су молекулаларының қысымдары (концентрациялары) әртүрлі болғандықтан олар шоғырланған ерітінді бөлігіне өтеді. Ерітіндінің көлемі көбееді, ерітінді сұйытылады, Δр төмендейді, соның әсерінен H_2O молекулаларының ауысуы тежеледі. Осмос процесі осмостық қысымның (р) мәнімен сипатталады. Вант-Гофф заңына сәйкесті осмостық қысым еріген заттың концентрациясына С және ерітіндінің абсолют температурасына Т тура пропорционал:

$$p = iRTC/M \qquad (3.15)$$

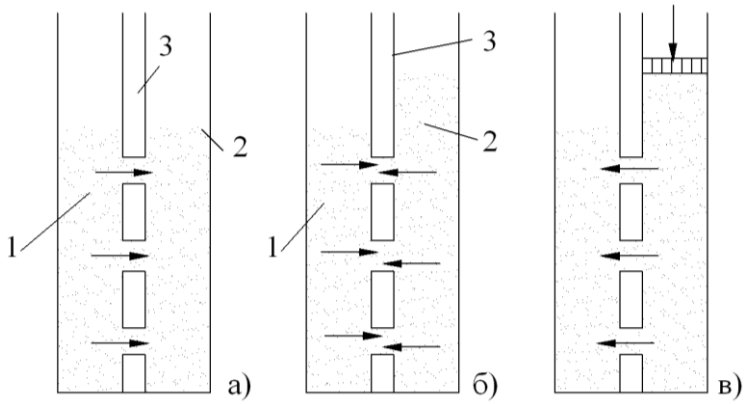
мұндағы: i=(1+α) - Вант-Гофф коэффициенті; (α–еріген заттың диссосация дәрежесі); М - 1моль еріген заттың салмағы; R – универсал газ тұрақтысы.

Бұл теңдеуге қатысты концентрациясы 35г/дм^3 NaCl ерітіндісінің t=20°С-гі осмостық қысымы p=1,8·0,82·293·35/58,5=2,58 МПа.

3.3.2 Тура және кері осмос процесінің принциптік үлгісі

Жоғарыминералды суды кері осмос процесімен өңдеу үшін ерітіндісі бар бөлікке осмостық қысымнан жоғары артық қысым беру қажет. Соның нәтижесінде судың молекулалары жартылайөткізгіш мембрана арқылы

тікелей осмосқа қарсы диффузияланады, яғни жоғарыминералды су бөлігінен таза су бөлігіне ауысады (3.7-ші сурет).



3.7 сурет. Тікелей және кері осмостың принциптік үлгісі:
а) осмостық алмасудың басталуы; б) тепе-теңдік жағдай; в) кері осмос;
1 – тұщы су; 2 – тұзды су; 3 – мембрана

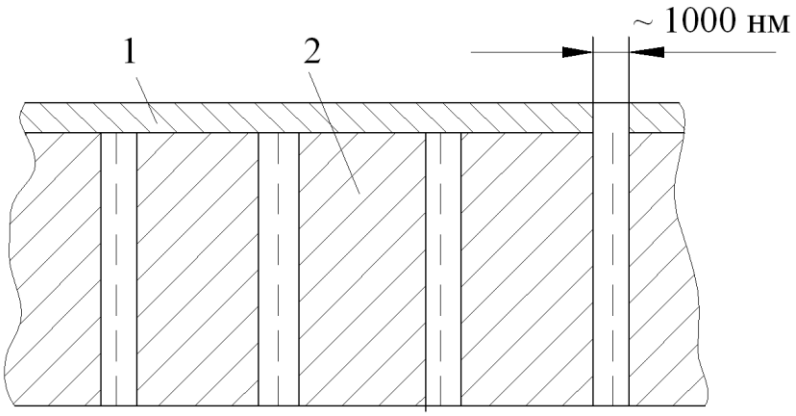
Кері осмостың негізгі артықшылығы - энергосыйымды фазалық айналдырулардың жоқтығы, ал процестің **кемшілігі** – жартылайөткізгіш мембраналардың жұмыс уақытын ұзарту үшін суды коллоидты және ірідисперсті қоспалардан терең тазартудың қажеттілігі.

3.3.3 Мембраналардың түрлері мен қасиеттері

Кері осмос процесінің нәтижелігі қолданылатын мембрананың қасиеттерімен сипатталады. Оларға мембраналардың бөлу қабілеті, таңдаушылығы, үлестік өткізгіштігі, химиялық тұрақтылығы, механикалық беріктігі және арзандығы жатады. Сонымен қатар жартылайөткізгіш мембрана гидрофилді қасиеттерге ие болуы керек.

Қазіргі уақытта кері осмос қондырғыларында целлюлоза ацетатынан жасалған полимерлі мембраналар қолданылады. Оларды еріткіштерді жартылай буландырып, полимерді тұндыру арқылы алады. Ацетилцеллюлозалық мембраналар ассиметриялық құрылымға ие (3.8-ші сурет), оның сыртқы қабатының қалыңдығы 0,25-0,5мкм және өте берік болады. Қалған бөлігінің қабатының қалыңдығы шамамен 150мкм, ал кеуектерінің өлшемдері 0,1-1,0мкм құрайды. Ол мембрананың

механикалық беріктігін қамтамасыз етеді және бетті қабатты тіреп тұрады. Тазартылатын ерітінді мембрананың сыртқы белсенді қабатымен әрекеттеседі.



3.8 сурет. Ацетилцеллюлозалық мембрананың құрылымы:
1 – белсенді қабат; 2 – тіреуіш қабат.

Өнеркәсіпте ацетилцеллюлозалық мембраналардан (МГА) басқа этилцеллюлоза (МГЭ) және ароматты полиамидтер (МГП) негізіндегі мембраналар өндіріледі. Кері осмосты мембраналардың негізгі сипаттамалары 3.1-ші кестеде берілген.

3.1кесте. Кері осмосты мембраналардың негізгі сипаттамалары

Мембрананың маркасы	5г/дм^3 NaCl ерітіндісіне таңдаушылығы, %	5МПа-ғы үлестік өнімділігі, кг/(м^2·тәу)
МГА-70	70	1000
МГА-80	80	600
МГА-90	90	350
МГА-95	95	250
МГА-100	97,5	150
МГЭ-70	70	350
МГЭ-80	80	200
МГЭ-90	90	150
МГП-80	75	490
МГП-90	90	290
МГП-95	95	200
МГП-100	98	150

Мембраналардың таңдаушылықтары мен өткізгіштігі әртүрлі болады. МГА маркалы мембраналар pH=5–8 суларды тұщылау үшін, МГЭ маркалы мембраналар pH=1-14 суларды тұзсыздандыру үшін, ал МГП маркалы мембраналар pH=1-12 суларды 150°С-де агресивті орталардан бөлу және шоғырландыру үшін қолданылады.

3.4 Суды электродиализ тәсілімен тазарту

3.4.1 Электродиализ процесінің физика-химиялық негіздері

Электродиализ дегеніміз тұрақты электр ток өрісінде мембраналардан өткізу арқылы ерітінділерден (екінші реттік өткізгіштерден) иондалған заттарды бөліп алу процесі. Мұндай жүйеде еріген тұздардың иондарымен H^+ және OH^- иондарының бағытталған қозғалысы пайда болады. Процесте катиондар катодқа, ал аниондар анодқа қарай жылжиды. Электродиализ процесінде катиондар катодта тотықсыданады, яғни келесі катодты реакциялар жүреді:

$$2H^+ + 2\bar{e} \rightarrow 2H;\ 2H \rightarrow H_2^{\uparrow} \qquad (3.16)$$

$$Na^+ + \bar{e} \rightarrow Na;\ 2Na + 2H_2O \rightarrow 2Na^+ + 2OH^- + H_2^{\uparrow} \qquad (3.17)$$

Ал аниондар анодта тотығады, яғни келесі анодты реакциялар жүреді:

$$4OH^- - 4\bar{e} \rightarrow 2H_2O + 2O;\ 2O \rightarrow O_2^{\uparrow} \qquad (3.18)$$

$$2Cl^- - 2\bar{e} \rightarrow 2Cl;\ 2Cl \rightarrow Cl_2^{\uparrow} \qquad (3.19)$$

$$2Cl + H_2O \rightarrow 2H^+ + 2Cl^- + O \qquad (3.20)$$

(3.16) және (3.17)-ші реакциялар бойынша түзілетін H^+ пен OH^- иондарының алмасуын болдырмау үшін электродиализаторларды арнайы мембраналардың көмегімен екі бөлікке бөледі (3.8-ші сурет). Иондардың бағытталған қозғалысы кезінде катиондар катионөткізгіш мембрана (К) арқылы еркін өтеді, ал аниондар өтпейді. Керісінше, аниондар анионөткізгіш мембрана (А) арқылы еркін өтеді де, ал катиондар өтпейді.

Фарадей заңдарына сәйкес бір моль тұзды ауыстыру үшін 96500К

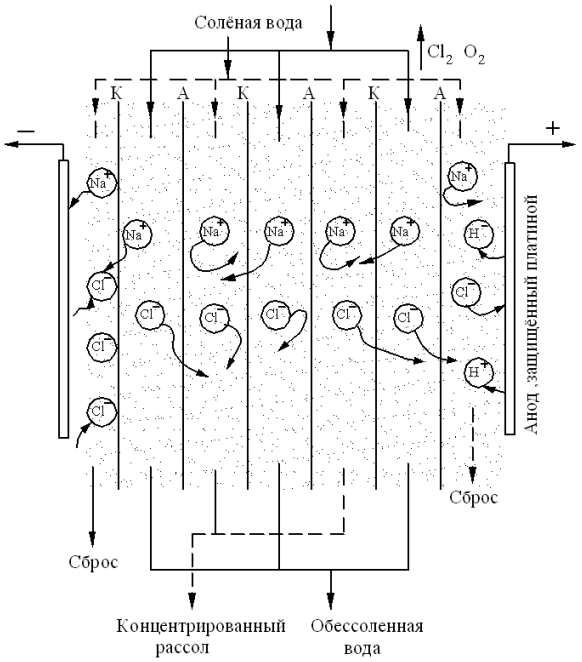
немесе 26,8А·сағ электрэнергиясы шығындалады. Осыған байланысты 1м^3 суды бастапқы концентрациясы $C_{баст.}$-дан соңғы концентрациясы $C_{соң.}$-ға дейін тазарту үшін шығындалатын энергияның теориялық мөлшерін келесі теңдеу бойынша есептеуге болады:

$$Q_Э = 96500(C_{баст.}-C_{соң.}) \quad (3.21)$$

немесе

$$Q_Э = 26,8(C_{баст.}-C_{соң.}) \quad (3.22)$$

Тәжірибе жүзінде электрэнергиясының шығыны жоғары болады, ол энергия H^+ пен OH^- иондарының алмасуына, поляризация құбылыстарына және мембраналардың таңдаушылығының жеткіліксіздігіне байланысты болады.



3.8 сурет. Көпкамералы электродиализатордың принциптік үлгісі.

3.4.2 Ионалмасу мембраналарына қойылатын талаптар

Қойылатын талаптарға сай ионалмастырғыш мембраналардың: таңдаушылығы жоғары; су молекулаларын өткізгіштігі төмен; электрөткізгіштігі жоғары; механикалық беріктігі жоғары; химиялық тұрақтылығы жоғары болуы керек. Ионитті мембраналардың бұл қасиеттері оның өнеркәсіптік жағдайларда жұмыс істеу мерзімін ұзартады.

Электродиализаторларда қолданылатын суды міндетті түрде алдын-ала тазарту қажет:

1) Бастапқы судың құрамында жүзгінді бөлшектер болмауы керек, себебі олар камераларда тұнып мембраналардың жоғары поляризациясына алып келеді. Жүзгінді бөлшектерді бөліп алу үшін механикалық сүзгілер қолданылады.

2) Мембрана мен электродтарда $CaCO_3$ пен $Mg(OH)_2$-ң тұнуы аппараттың омдық кедергісінің жоғарылауына алып келеді. Тұздардың тұнуына жол бермеу үшін бастапқы суды қышқылдау немесе аппараттағы электродтардың таңбасын мерзімді өзгерту қажет.

3) Коллоидты бөлшектердің электрокоагуляциясының нәтижесінде қатты тұнба түзілуі мүмкін. Бұл тұнбаны аппараттан шығару үшін су ағынының жылдамдығын жоғарылату қажет.

4) Ионитті мембраналарда қозғалғыштығы төмен поливалентті иониттердің жиналуы оның электрөткізгіштігінің төмендеуіне алып келеді. Аппараттың электрөткізгіштігін қалпына келтіру үшін мембрананы қышқылмен шайып, иондарды натрийлі түрге өткізу қажет.

Жоғарыда аталған себептер мембрананың жұмыс уақытының қысқаруына алып келеді. Анионитті мембраналар 300 күннен кейін мүлдем жұмыстан шығуы мүмкін.

Электродиализ процестерін есептеу барысында, атап айтқанда токтың жұмысшы тығыздығын анықтау кезінде, ионитті мембраналарда пайда болатын концентрациялық поляризация құбылысын ескеру қажет. Бұл құбылыстың нәтижесінде иондар ерітіндіге қарағанда мембрана арқылы жоғары жылдамдықпен өтеді, осының әсерінен электролиттің концентрациясы мембрананың қабылдаушы жағында төмендейді, ал беруші жағында жоғарылайды. Токтың шекті тығыздығы кезінде мембрананың қабылдаушы жағындағы электролиттің концентрациясы нөлге дейін төмендейді де, электролиз процесінде пайда болған H^+ және OH^- иондарының алмасуының нәтижесінде электрэнергиясының шығыны жоғарылайды, судың pH мәні өзгереді, ал тұздың құрамы өзгермейді.

Электродиализ қондырғысын есептеу

Бастапқы мәліметтер: Өнімділігі Q=10м^3/сағ циркуляциялық электродиализ қондырғысының (ЭДҚ) жобасын құрастыру қажет. Өндірісте жалпы тұздылығы 6850мг/дм^3 артезиан суы және тұздылығы 500 мг/дм^3 айналмалы су қолданылады.

ЭДҚ-да МК және МА маркалы қалыңдығы 0,7мм, өлшемдері 500х1500мм, қалыпты шарттардағы (0,1н. NaCl ерітіндісі) меншікті беттік кедергісі 30 Ом·см^2 ионитті мембраналар қолданылады. Аралық рамалар қалыңдығы 0,8мм парониттен жасалған. Мембраналық кеңістікте турбуленттелетін торлы сепараторлар орналастырылған. Осыған байланысты мембрананың экрандану коэффициенті 0,75 және камераның электр кедергілік коэффициенті 0,54 тең. Электродтардағы кернеудің шығыны $E_э$=4В. Тұрақты токтың кернеу процесс барысында өзгермейді. Бастапқы артезиан суының мөлдірлеуден кейінгі құрамы 3.2-ші кестеде көрсетілген. 1 мг/экв-гі тұздардың орташа құрамы $Э_{орт}$ = 6850/112,3 = 61 мг/ммоль.

3.2 кесте. Бастапқы мөлдірленген судың құрамы

Катион	Иондардың құрамы		Анион	Иондардың құрамы	
	мг/дм^3	ммоль/дм^3		мг/дм^3	ммоль/дм^3
Ca^{2+}	185	9,3	SO_4^{2-}	1565	32,6
Mg^{2+}	358	29,4	Cl^-	2728	76,9
Na^+	1479	64,3	HCO_3^-	170	2,8
K^+	365	9,3	-	-	-
Барлығы	2387	112,3	Барлығы	4463	112,3

Ерітіндінің иондық күші:

$$м = 0{,}5\sum c_i z_i^2 = [(9{,}3+29{,}4+32{,}6)+0{,}5\cdot(64{,}3+9{,}3+76{,}9+2{,}8)]\cdot 10^{-3} = 0{,}15 \qquad (3.22)$$

Ерітіндінің иондық күшін арнайы формула бойынша тексереміз:

$$м = 0{,}000022\cdot(\sum Кт + \sum Ан) = 0{,}000022\cdot 6850 = 0{,}15 \qquad (3.23)$$

Шешуі:

1. Тұздықты камералардағы шекті шоғырлану коэффициенті:

$$К=\frac{19\mu\cdot10^{-4}}{C_{Ca^{2+}}C_{Mq^{2+}}}=\frac{19\cdot0{,}15\cdot10^{-4}}{4.625\cdot10^{-3}\ \cdot14{,}92\cdot10^{-3}}=4{,}1 \quad (3.24)$$

2. Тұздықты камералардағы иондық қоспалардың шекті концентрациясы:

$$111{,}2\text{x}4{,}1=456\ \text{моль/дм}^3 \quad (3.25)$$

3. Судың жалпы тұздылығы 6850-ден 500мг/дм^3-қа дейін төмендегенде бір сағатта шығарылатын еріген қоспалардың мөлшері:

$$Q(C_{\text{бас.}}- C_{\text{соң.}})=10\cdot\left(112{,}3-\frac{500}{61}\right)=1041\text{моль} \quad (3.26)$$

4. Қажетті электр энергиясының мөлшері:

$$(J\tau)_{\text{нақ.}}=26{,}8Q(C_{\text{бас.}}- C_{\text{соң.}})/\eta_{\text{э}} \quad (3.27)$$

мұндағы $\eta_э$–ток бойынша шығым. Есептеу шарттарында $\eta_э$=0,84.

Сонда:

$$(J\tau)_{\text{нақ.}}=26{,}8\text{x}1041/0{,}84=33213\text{А}\cdot\text{сағ} \quad (3.28)$$

5. Тиімді ток тығыздығын кестелік мәліметтер және электр энергиясының құны бойынша анықтайды. Есептеу шарттарында $i_т$=0,007А/см^2.

6. ЭДҚ-ң мембраналарының жалпы ауданы:

$$F_м = (J\tau)_{\text{нақ}} / i_т = 33213/0{,}007=47{,}4\cdot10^5\text{см}^2 \quad (3.29)$$

7. Бір мембрананың ауданы

$$f_{\text{нетто}}=0{,}75\cdot500\cdot1500=562500\text{мм}^2=5625\text{см}^2 \quad (3.30)$$

8. Аппаратта мембраналар жұптасып орналастырылады, жұптар саны:

$$N= F_м/f_{\text{нетто}} =47{,}4\cdot10^5/5625=843 \quad (3.31)$$

9. Мембраналар қатар жұмыс істейтін төрт моншаға орналастырылған, сонда әрбір моншадағы мембраналар жұбы: n=843/4=211.

10. Электр тогының қажетті кернеуі ерітіндінің тұзсыздандыру және тұздық камералардағы меншікті өткізгіштігіне, мембраналардың меншікті өткізгіштігі мен потенциалына және электродтардағы кернеудің төмендеуіне байланысты болады.

11. Сулы ерітінділердің меншікті өткізгіштігі $\lambda_{ер}$ келесі формула бойынша есептеледі:

$$\lambda_{ер} = k_э c^{1-b} \qquad (3.32)$$

мұндағы $k_э$ – пропорционалдық коэффициенті, ол 1/8300-ға тең; әртүрлі сулы ерітінділер үшін (1-b) мәні 0,805–0,935 аралығында болады (артезиан сулары үшін (1–b)=0,875, ал NaCl ерітіндісі үшін (1-b)=0,905).

11.1. Айналымның басындағы өңделетін судың меншікті өткізгіштігі:

$$\lambda_{ер} = 112{,}3^{0{,}875}/8300 = 0{,}76\cdot10^{-2}\text{Ом/см} \qquad (3.33)$$

11.2. Айналымның басындағы тұздықтың меншікті өткізгіштігі:

$$\lambda_{т}^{бас} = 456^{0{,}905}/8300 = 3{,}1\cdot10^{-2}\text{Ом/см} \qquad (3.34)$$

11.3. Айналымның соңындағы өңделетін судың меншікті өткізгіштігі:

$$\lambda_{т}^{соң} = 8{,}2^{0{,}875}/8300 = 3{,}1\cdot10^{-2}\text{Ом/см} \qquad (3.35)$$

12. Камералардағы су мен тұздықтың деполяризациялық жылдамдығы тәжірибелік жылдамдыққа тең немесе артық болуы мүмкін. Ол турбуленттеуші тордың түріне байланысты 2,9-9,3 см/с аралығында болады. Гофрланған винипластан жасалған торлар үшін судың деполяризациялық жылдамдығы 5,5 см/с.

13. Өңделетін су мен тұздықтың шығыны:

$$Q = m\cdot n\cdot d\cdot I\cdot W_{деп} = 4\cdot211\cdot0{,}8\cdot10^{-3}\cdot0{,}42\cdot5{,}5\cdot10^{-3} = 15{,}6\cdot10^{-3}\ \text{м}^3/\text{сағ} \qquad (3.36)$$

14. Суды өңдеуге жұмсалатын электр энергиясының шығыны:

$$N_э = \frac{i_т f_{нетто} um}{1000} = \frac{0{,}007\cdot5{,}6\cdot10^3\cdot269\cdot4}{1000} = 42\ \ \text{кВт}\cdot\text{ч}. \qquad (3.37)$$

15. Су мен тұздықты электродиализ қондырғысы арқылы айдау үшін 2Х-9ЕХ3 маркалы төрт айдағыш қажет. Олардың өнімділігі 29 $м^3$/сағ, қысымы 137 Па, электр қозғалтқыштың қуаты N_a = 5,5 кВт.

20. Расход электроэнергии на обработку 1 $м^3$ суды өңдеуге жұмсалатын электр энергиясының шығыны:

$$м = 0{,}000022\cdot(\sum Кт + \sum Ан) = 0{,}000022\cdot6850 = 0{,}15 \qquad (3.38)$$

3.4.3 Ионалмасу мембраналарының түрлері

Иониттің матрицасының және мембрананың бастапқы затының зарядына байланысты мембраналар катионитті және анионитті, ал алу тәсіліне байланысты әртекті және біртекті болып бөлінеді.

Әртекті мембраналар инертті байланыстырғыш материалдың бетінде орналастырылған майдадисперсті ионит түрінде жасалады. Оларды дайындаудың бірнеше әдісі бар: 1) ұнтақ күйіндегі құрғақ байланыстырғыш зат пен ионалмастырғыш материалды араластырып белгілі температура мен қысымда престеу арқылы дайындайды; 2) ұнтақ ионитті жеңіл буланатын еріткіште дисперсиялайды, алынған қоспаны нейлон тордың бетіне құйып кептіреді. Электрөткізгіштігі жоғары мембраналарды алу үшін қабықшадағы иониттің құрамы жоғары (65%-дан көп) болуы керек, бірақ шайырдың концентрациясының жоғарылауы оның суда ісінуіне алып келеді де мембрананың механикалық қасиеттерін төмендетеді. Ресейде МК-40 катионитті және МА-40 анионитті мембраналар шығарылады.

Біртекті мембраналар поликонденсация реакциясының нәтижесінде немесе полимеризация әдісімен алынады. Олар қабықшаның бетінде ораналасқан иониттің тұтас қабатымен сипатталады. Біртекті мембараналардың электрөткізгіштігі әртекті мембраналармен салыстырғанда әлдеқайда жоғары, бірақ олардың механикалық беріктігі төмен болады.

3.5 Суды тазартудың термиялық тәсілдері

3.5.1 Дистилляцияның физика-химиялық негіздері

Суды тұзсыздандыру екі тәсілмен жүзеге асырылады:

1) суда еріген тұздарды бөліп алу арқылы, яғни судың (еріткіштің) басқа күйге ауыспауы арқылы;

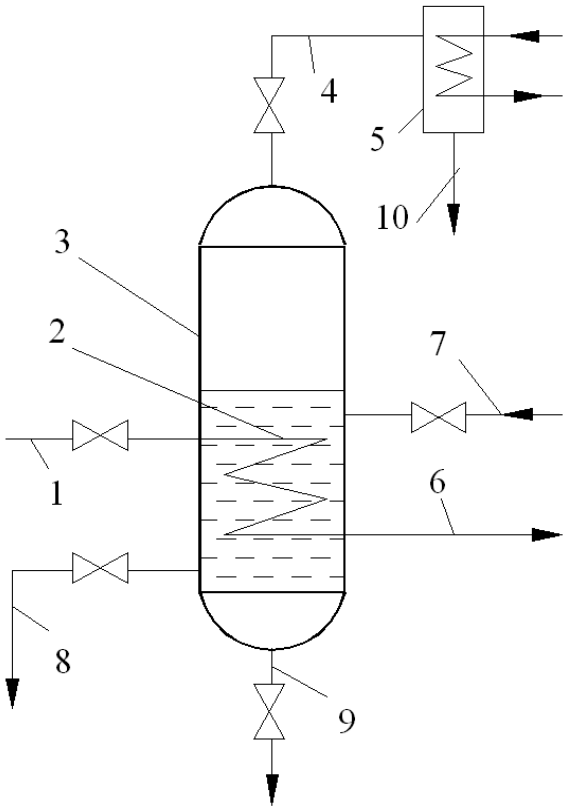
2) агрегаттық күйін өзгерту арқылы су молекулаларын ерітіндіден шығару, бұл процесс **дистилляциялау** немесе **термиялық тұзсыздандыру** деп аталады..

Сулы ерітінділерді қыздырған кезде су молекулаларының энергиясы молекулалық тартылу күшінің энергиясынан жоғары болады да бу кеңістігіне ауысады. Қаныққан су буының қысымы сыртқы қысымға тең болғанда су қайнай бастайды. Судың құрамындағы еріген және гидратталған заттардың иондары мен молекулаларының энергиялары аз болғандықтан олар бу күйіне өте аз мөлшерде өтеді. Яғни, сулы ерітінділерді қайнату арқылы еріткішке (суға) және олардың ішіндегі қоспаларға бөлуге болады.

3.5.2 Буландыру қондырғыларының құрылысы мен жұмыс істеу принципі

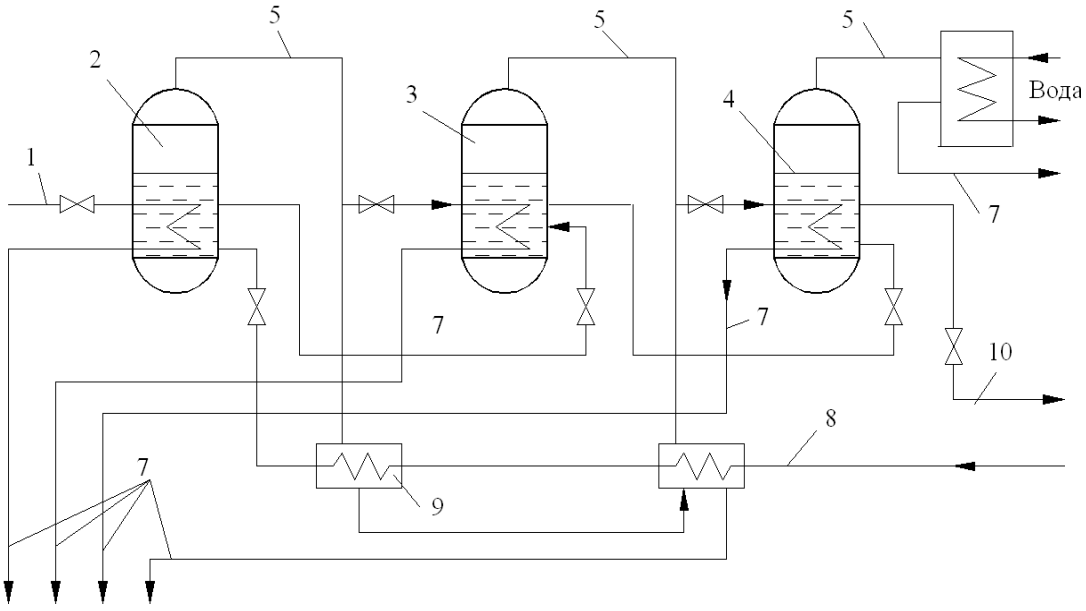
Дистилляция процесі буландырғыш аппараттарда жүзеге асырылады, оның сызба-нұсқасы 3.9-шы суретте көрсетілген. Бұл қондырғыларда су сырттан берілетін бірінші реттік бумен қыздырылып екінші реттік буға айналып, содан кейін конденсацияланады. Бірінші реттік бу бутурбинасынан беріледі. Судың құрамындағы қоспалар буланатын судың құрамында қалады, содан кейін буландырғыштан шығарылатын сумен (үрлеу суымен) сыртқа шығарылады. **Дистиллят** дегеніміз екінші реттік будың конденсаты, оның құрамында аз мөлшерде ұшпайтын қоспалар болуы мүмкін.

Көпсатылы буландыру қондырғыларына қоректеуші су бір коллектордан қатарласа берілуі мүмкін, бірақ көп жағдайда тізбектелген жүйе қолданылады (3.10 сурет). Бұл қондырғыда қоректеуші судың барлық мөлшері бірінші сатыға беріледі, содан кейін жартылай буланған су екінші сатыға беріледі, ал соңғы сатыдан шығарылады немесе қосымша буландыруға жіберіледі. Бұл жүйеде үрлеу суымен жоғалатын судың мөлшері аз болады. Көпсатылы буландыру қондырғылары бу мен конденсаттың сыртқы өндірістік шығыны көп ЖЭС-да қолданылады. Бірсатылы буландыру қондырғылары өндірістік шығыны (1–3 %) аз және ағызынды суларды тазарту жүйелерімен қамтамасыз етілетін ЖЭС-да қолданылады.



3.9 сурет. Буландырғыш қондырғының сызба-нұсқасы.

1 – бірінші реттік буды беру желісі; 2 – қыздыру секциясы; 3 – буландырғыштың қорабы; 4 – пайда болатын буды (екінші реттік бу) шығару желісі; 5 – конденсатор; 6 – бірінші реттік будың конденсатын шығару желісі; 7 – қоректеуші су беру желісі; 8 – үрлеу желісі; 9 – босату желісі; 10 – дистиллятты шығару желісі.

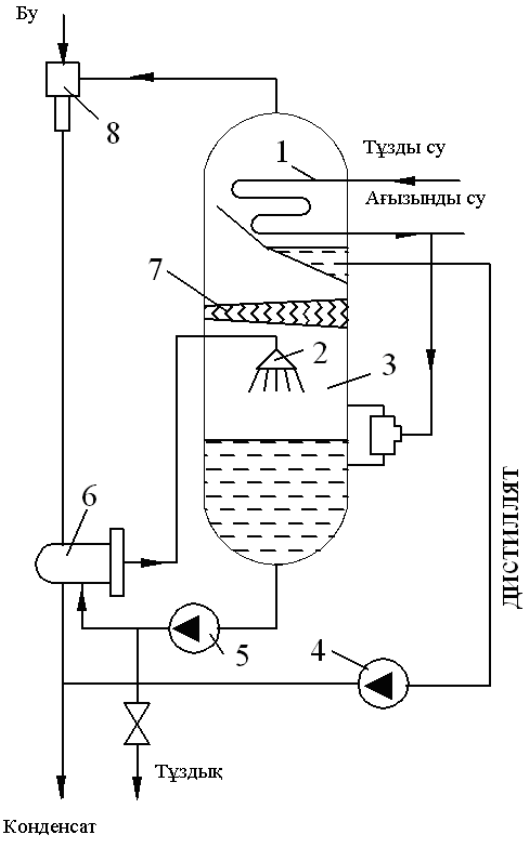


3.10 сурет. Үшсатылы қондырғының сызба-нұсқасы:

1 - қыздыру буын беру желісі; 2, 3, 4 - сәйкесінше 1-3-ші сатыдағы буландырғыштар; 5 - екінші реттік буды шығару желісі; 6 - конденсатор; 7 - конденсатты шығару желісі; 8 - қоректеуші су беру желісі; 9 – қоректеуші суды қыздырғыш; 10 – үрлеу желісі.

Лезде қайнайтын буландыру қондырғыларына жоғары сапалы судың қажеті жоқ, себебі бұл қондырғыларда лезде қайнау кезінде судың булануына сырттан жылу шығындалмайды. Судың қайнауы суды алдын-ала буландыру камераларында қанығу температурасынан бірнеше градус жоғары температураға дейін қыздыру нәтижесінде жүзеге асырылады. Қанығу температурасы қанығу қысымына тікелей байланысты болғандықтан лезде қайнату атмосфералық қысымнан төмен қысымда (вакуумда) жүзеге асырылады. Яғни процесті 100^0С-ден төмен температурада жүргізуге болады және бұл жағдайда қақтың түзілуі де төмендейді.

Лезде қайнайтын бірсатылы буландырғыштың сызба-нұсқасы 3.11-ші суретте көрсетілген. Бастапқы су конденсаторға (1) беріледі, содан кейін оның бір бөлігі буландыру камерасына (3) жіберіледі. Циркуляциялық сорап (5) суды буландыру камерасынан алып, қыздырғыш (6) арқылы өткізіп шашыратқыштың (2) көмегімен буландырғышқа қайтарады.



3.11 сурет. Лезде қайнайтын бірсатылы буландырғыштың сызба-нұсқасы.

Конденсацияланбаған газдарды шығарған кезде камерадағы қысым қанықкан будың қысымынан төмен болады, осының нәтижесінде тамшылардың булану процесі жүреді. Тамшылардың сепарациясы арнайы құрылғыда (7) жүзеге асырылады. Дистиллят буландырғыштан сораптың (4) көмегімен айдалады, бірсатылы қондырғыларда оның мөлшері конденсацияланатын қыздырғыш будың мөлшеріне тең болады.

3.6 Буландыру қондырғыларындағы қақ түзілуді болдырмау тәсілдері

3.6.1 Қақ түзілуді болдырмаудың физикалық тәсілдері

Буландырғыш қондырғыларда **қақ түзілу процесін тежеу тәсілдері** үш топқа бөлінеді: физикалық, физика-химиялық және химиялық. Сонымен қатар қақ түзу процесін тежу үшін арнайы құрылымдық және технологиялық тәсілдер де қолданылады.

Физикалық тәсілдерге контактілі тұрақтандыру, кристалдық қоспалар енгізу, магниттік және ультрадыбысты өңдеу жатады.

Контактілік тұрақтандыру тәсілінде тұрақтандырғыш ретінде әк тасы, мәрмер, табиғи қақ және құм қолданылады. Су осы заттар арқылы өткізіледі, сүзуші қабаттың биіктігі 1,8-2м, ал тұздықтың көтерілу жылдамдығы 35м/сағ-тан жоғары болмауы керек. Контактілік тұрақтандыру тәсілін қолдану қақ түзу процесінің жылдамдығын 80-90%-ға төмендетеді.

Кристалдық қоспалар енгізу тәсілі контактілік тотықтыру тәсілінің жалғасы болып келеді және суға майдаланған ұнтақтар енгізуге негізделген. Кристалдық қоспалар ретінде бор, ұнтақталған әк тасы және магнезия қолданылады. Қоспаның концентрациясы 8–10г/дм^3 аралығында болуы керек. Тәсілдің кемшілігіне қосылған зат пен қақтың жылуберу бетіне тұнуы жатады, сондықтан бұл тәсілді қайнамайтын буландырғыштарда қолдануға болады.

Магниттік және ультрадыбысты өңдеу тәсілдерінде суды арнайы аппараттар арқылы өткізеді. Бұл тәсілдердің нәтижелігі әлі де дәлелденуде.

3.6.2 Қақ түзілуді болдырмаудың физика-химиялық тәсілдері.

Қақ түзілуді болдырмаудың **физика-химиялық тәсілдерінде** суға өте аз мөлшерде (1–20мг/дм^3) беттік-активті заттар қосылады, олардың мөлшері соншылықты аз болғандықтан процесте жүретін реакциялар маңызсыз болып саналады. Қақ түзуге қарсы реагенттер ретінде суда торлы гелтәрізді құрылым түзетін заттар қолданылады, мысалы полиметакрил қышқылы, лигнин және т.б. Бұл тәсілдердің ең негізгі проблемасы – пайда болған қақты аппараттың бетінен алып шығару. Ол екі әдіспен жүзеге асырылады: өздігінен тазару және химиялық әдістер. Химиялық әдістерде реагенттер ретінде тұз қышқылы, органикалық қышқылдар (лимон, сірке және т.б. қышқылдар), комплекстүзуші қосылыстар қолданылады. Сонымен қатар, түзілген қақтан механикалық әдіспен немесе қолмен тазартуға болады.

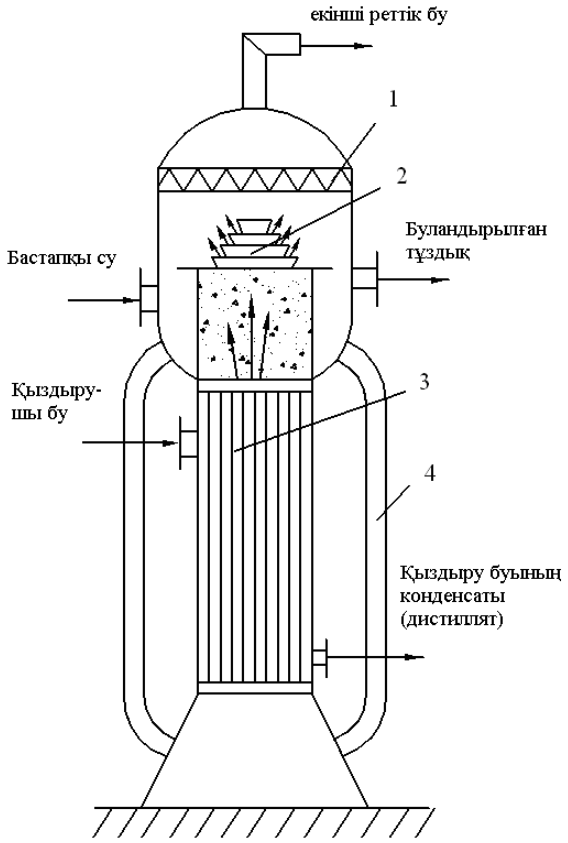
3.6.3 Қақ түзілуді болдырмаудың химиялық тәсілдері

Қақ түзілуді болдырмаудың **химиялық тәсілдеріне** қышқылдық тұрақтандыру жатады. Бұл тәсіл кальций карбонаты мен магний гидроксидтерінен тұратын қақтың түзілуіне кедергі жасайды. Тұрақтандырғыштар ретінде көбіне тұз қышқылы қолданылады. Ал күкірт қышқылын қолданған кезде сульфат-иондарының мөлшерінің жоғарылауының нәтижесінде кальций сульфаты тұнбаға түсуі мүмкін. Қолданылатын қышқылдың мөлшері судың сілтілігіне байланысты болады. Қышқылды есептелген мөлшерден көп алғанда буландырғыш қондырғының конструкциялық материалдары коррозияға ұшырауы мүмкін. Сондықтан қышқылды мөлшерлеп құю процесін мұқият бақылау қажет. Қышқылдау үшін хлорлы темірді де қолдануға болады.

3.6.4 Буландыру қондырғыларында қақ түзілуді болдырмаудың құрылымдық және технологиялық тәсілдері

Қақ түзу процесін тежу үшін қолданылатын арнайы **құрылымдық** тәсілдерге тік орналасқан қыздыру секцияларымен жабдықталған буландырғыш қондырғыларды қолдану жатады. Мысал ретінде қайнау

аймағы сыртқа шығарылған буландырғышты (3.12 сурет) қарастыруға болады. Бұл қондырғының басқа қондырғылардан өзгешілігі - қыздырушы секцияның жоғарғы жағында буланатын суды белгілі биіктікке (2-3м) көтеретін құбыр орналастырылған. Бұл құбырда қанығу температурасына сәйкесті қысымнан артық қысым орнайды, осының нәтижесінде су тек қана осы құбырда қайнай бастайды.



3.12 сурет. Қайнау аймағы сыртқа шығарылған буландырғыштың сызба-нұсқасы:
1– сепаратор; 2 – бу бөлгіш; 3 – қыздыру камерасы; 4 – құбыр.

Қақ түзу процесін тежудің **технологиялық** тәсілдеріне қоректеуші суды көміртек диоксидімен қанықтыру жатады. Бикарбонаттардың термиялық ыдырауының нәтижесінде газды фазаға CO_2 бөлінеді. Оны белгілі бір мөлшерде сумен араластырғанда су кальций карбонатына қатысты агрессивті қасиеттерге ие болады, яғни оның тұнба түзуіне кедергі жасайды. Бірақ, суда CO_2-ң мөлшері жоғарылаған кезде, оның pH мәні төмендейді, яғни құрылымдық материалдардың коррозияға тұрақтылығы төмендейді.

3.7 Бақылау сұрақтары

1) Тұзсыздандыру тәсілдерін жіктеу.
2) Ионалмастыру процесінің физика-химиялық негіздері.
3) Иониттердің технологиялық қасиеттері.
4) Ионалмасу технологиясының түрлері. Na-катиондау, H-катиондау және аниондау процестерінің механизмі.
5) Шайырды қопсыту сүзгісінің сызба-нұсқасы және қолданылуы.
6) Бірбағытты иониттік және керіағынды иониттік сүзгінің сызба-нұсқалары, оларды салыстыру.
7) Азағынды технологиялардың дәстүрлі технологиялардан айырмашылықтары және иониттік сүзгілерден шығарылатын ағызынды суларды қайта өңдеу тәсілдері.
8) Кері осмостың негізгі артықшылығы мен кемшілігі.
9) Кері осмосты мембраналардың түрлері, негізгі сипаттамалары және қолданылуы.
10) Электродиализ процесіндегі катодтық және анодтық реакциялар.
11) Электродиализ процесіндегі ионалмастырғыш мембраналарға және бастапқы суға қойылатын талаптар.
12) Дистилляция процесінің физика-химиялық негіздері.
13) Бірсатылы және үшсатылы буландырғыш қондырғының сызба-нұсқасы.
14) Лезде қайнайтын буландыру қондырғыларының қолданылуы және сызба-нұсқасы.
15) Қақ түзілу процесін тежеудің физикалық тәсілдері.
16) Қақ түзілу процесін тежеудің физика-химиялық тәсілдері.
17) Қақ түзілу процесін тежеудің химиялық тәсілдері.
18) Қақ түзілу процесін тежеудің құрылымдық тәсілдері.
19) Қайнау аймағы сыртқа шығарылған буландырғыштың сызба-нұсқасы.
20) Қақ түзілу процесін тежеудің технологиялық тәсілдері.

4 БӨЛІМ. СУДЫ ЕРІГЕН ГАЗДАРДАН ТАЗАРТУ

4.1 Судың құрамында еріген газдардың пайда болуы

Газдардың суда ерігіштігі көптеген факторларға байланысты болады: газдың табиғатына, судың температурасына, судың минералдану дәрежесіне, газдың су бетіндегі парциалды қысымына, судың pH мәніне және т.б. Сондықтан судың құрамындағы еріген газдардың нақты концентрациясын анықтау өте күрделі, ол үшін арнайы талдау әдістерін қолдану қажет. Табиғи судағы CO_2-ң концентрациясы көмірқышқылдық тепе-теңдік дәрежесіне байланысты болады және 293К температурада шамамен 0,5мг/дм^3 (10^{-5}моль/дм^3) құрайды. Судағы O_2-ң концентрациясы органикалық қоспалардың концентрациясына және температураға байланысты болады. Температураны 273К-нен 308К-ге дейін жоғарылатқан кезде таза судағы оттегінің концентрациясы 14,6-дан 6,5 мг/дм^3-ге дейін төмендейді.

Судан еріген газдарды шығару ЖЭС мен АЭС-да қолданылатын кешенді технологиялық процестің ең маңызды бөлігі болып саналады. Бұл **процестің мақсаты** – қондырғылардың ішкі қабатын коррозиядан қорғау. Сонымен қатар, судың құрамындағы еріген көмір қышқылы анионитті сүзгілердің жұмысына кедергі әсер етеді.

Негізінен дегазациялау процесі қазандықтарға берілетін қоректеуші суды тазарту үшін қолданылады. Сонымен қатар, еріген газдар химиялық тазартылған судың, жылу жүйелеріне берілетін қосымша судың, станцияға қайтарылатын бу конденсатының және турбиналардың конденсаторларын салқындататын судың құрамында болады. Сондықтан бұлар да дегазациялау процесіне жіберіледі.

Судың құрамындағы еріген газдар:

1) O_2, азот және көміртек диоксиді CO_2 - судың атмосфералық ауамен әрекеттесуінің нәтижесінде;

2) көмір қышқылы - Н-катиондау сатысынан кейін жүргізілетін химиялық тұзсыздандыру нәтижесінде;

3) байланыстырылған көміртек диоксиді - Na- және H-катиондау арқылы жұмсарту нәтижесінде;

4) сутегі - жылу қондырғыларының ішкі қабатының коррозиясының нәтижесінде;

5) аммиак NH_3 - қоректеуші суды аниондау және суды NH_4-катиондау сүзгілерінде химиялық тазарту нәтижесінде;

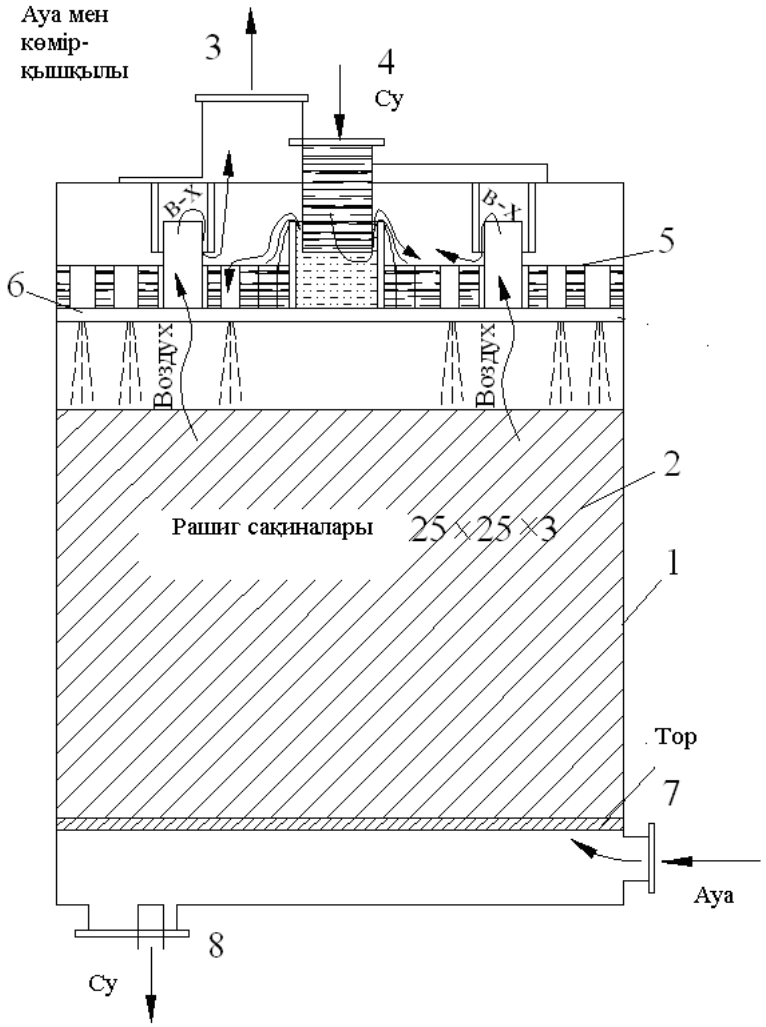
6) күкірт ангидриді SO_2 мен күкіртсутек H_2S - қоректеуші суды натрий сульфидімен өңдеу нәтижесінде пайда болады.

4.2 Судың құрамынан бос көмір қышқылын шығару

Судағы көмір қышқылын шығару үшін декарбонизациялау процесі қолданылады, бұл процесс декарбонизаторларда жүзеге асырылады. Олар екі түрге бөлінеді: қабықшалы және барботажды аппараттар. Қабықшалы декарбонизаторлардың сызба-нұсқасы 4.1-ші суретте көрсетілген.

Декарбонизатор болаттан жасалған цилиндрлік қораптан (1) тұрады. Оның ішіне шахмат тәртібімен ағаш таяқшалардан немесе керамикалық Рашиг сақиналарынан құрастырылған қондырма (2) орналастырылған. Су декарбонизатордың жоғарғы жағынан келте құбыр (4) арқылы беріледі. Су қақпадан (6) үлестіргіш құрылғы (5) арқылы қондырманың бетіне беріледі. Өңделетін суға қарама-қарсы бағытта келте құбыр (7) арқылы ауа беріледі. Судан шығарылатын көмір қышқылы ауамен сіңіріліп келте құбыр (3) арқылы атмосфераға шығарылады. Тазартылған су декарбонизатордың түбінде орналасқан келте құбыр (8) арқылы шығарылады. Қабықшалы декарбонизаторларды қолдану суда еріген көмір қышқылының концентрациясын 3-7 мг/дм^3 дейін төмендетуге мүмкіндік береді.

Барботажды декарбонизаторларда сығылған ауа компрессорлар арқылы жоғары қысыммен өңделетін суға қарсы бағытта беріледі. Бұл аппаратардағы қысым қабықшалы аппараттардағы қысымнан әлдеқайда жоғары болады. Ауа қондырғыға компрессорлар арқылы берілетіндіктен атмосфераға шығарылатын ауаны міндетті түрде алдын-ала майлаушы майлардан тазарту қажет.



4.1 сурет. Декарбонизатордың сызба-нұсқасы.

1 – цилиндр қорап; 2 – Рашига сақиналарынан жасалған қондырма; 3,4,7,8 – келте құбырлар; 5 – үлестіргіш құрылғы; 6 – қақпа.

Декарбонизатор қондырғысын есептеу

Бастапқы мәліметтер:

1) Декарбонизатордың өнімділігі - 500кг/сағ.

2) Декарбонизатордың шығысындағы CO_2-ң концентрациясы – 4мг/дм^3.

3) Тазартылатын судың температурасы – 30^{0}С.

4) Судың қалдықты бикарбонатты сілтілігі – 0,40мгэкв/л.

5) Судың қалдықты карбонатты сілтілігі – 0,40мгэкв/л.

Есептеулер:

1. pH≈10,2 болғанда декарбонизатордың кірісіндегі CO_2-ң концентрациясы ізбестеу нәтижесінде бастапқы судан шығарылатын CO_2-

ң мөлшерін және қалдықты бикарбонатты және карбонатты сілтіліктерді, сонымен қатар мольдік салмақтар мен эквиваленттерді ескеретін келесі формула бойынша анықталады:

$$C_{CO_2}^{кір} = 44Сл_{бик}^{қал} + 22Сл_{кар}^{қал} = 44 \cdot x0,40 + 22x0,40 = 26,4мг/дм^3 \quad (4.1)$$

2. Декарбонизатордан шығарылатын CO_2-ң мөлшері:

$$m_{CO_2} = Q_д(C_{CO_2}^{кір} - C_{CO_2}^{шыг})/10^3 = 500(26,4-4)/10^3 = 11,2кг/сағ \quad (4.2)$$

3. Температура 30°С болғанда қажетті десорбция ауданы (анықтамалық әдебиеттерден десорбция коэффициенті $К_ж = 0,50м^3/(м^2 \cdot сағ)$, десорбция процесінің орташа қозғаушы күші $\Delta C_{CO_2}^{орт} = 0,015кг/дм^3$):

$$F_{дес} = m_{CO_2}/(К_ж \Delta C_{CO_2}^{орт}) = 11,2/(0,50x0,015) = 1493м^3 \quad (4.3)$$

4. Қондырманың бетінің ауданы:

$$F_{кон} = (1-0,075) F_{дес} = 0,925x1493 = 1381м^3 \quad (4.4)$$

5. Рашиг сақиналарының меншікті беті $f_{мен} = 206м^2/м^3$ болғанда қондырманың көлемі:

$$V_{кон} = F_{кон} / f_{мен} = 1381/206 = 6,7м^3 \quad (4.5)$$

6. Ылғалдандыру тығыздығы $\delta = 60м^3/(м^2 \cdot сағ)$ болғандағы декарбонизатордың көлденең қимасының ауданы:

$$f^д = Q^д/\delta = 500/60 = 8,3м^3 \quad (4.6)$$

7. Декарбонизатордың диаметрі:

$$d^д = \sqrt{4f^д/\pi} = \sqrt{4 \cdot 8,3/3,14} = 3,25м \quad (4.7)$$

8. Рашиг сақиналарынан тұратын қондырманың биіктігі:

$$h_{кон} = V_{кон}/f^д = 6,7/8,3 = 0,81м \quad (4.8)$$

4.3 Судың құрамындағы оттегіні шығарудың физика-химиялық тәсілдері

Еріген оттегіні судан шығару екі тәсілмен жүзеге асырылады: десорбциялық (физикалық) және химиялық.

Десорбциялық (физикалық) тәсіл суда еріген газдың концентрациясы мен оның парциалды қысымының арасындағы тәуелділікті сипаттайтын Генри–Дальтон заңдарына негізделген. Бұл заңдарды қолдану булы ортада судың бетінде тек қана осы газ болған жағдайда газдың концентрациясын

анықтауға мүмкіндік береді. Суда еріген газдың концентрациясы келесі формула бойынша анықталады:

$$C_Г = K_Г p_Г = K_Г(p_{жал.} - p_{H_2O}) \quad (4.9)$$

мұндағы $C_Г$ - суда еріген газдың концентрациясы; $K_Г$ - газдың сумен абсорбциялану коэффициенті; $p_{жал.}$ - жалпы қысым; p_{H_2O} - су буының парциалды қысымы; $p_Г$ - газдың парциалды қысымы.

(4.9)-шы теңдеуден газдың судағы концентрациясы ($p_{жал.} - p_{H_2O}$) айырмасының азаюымен, яғни су буларының парциалды қысымы газ қоспасының толық қысымына жақын болған жағдайда, төмендейтінін көруге болады,. Мұны жүзеге асыру үшін судың бетінде судан шығарылатын газ мүлдем болмауы керек. Демек, газды судан шығару үшін оның су бетіндегі парциалды қысымы нөлге тең болуы керек.

Десорбция тәсілі термиялық деаэраторларда жүзеге асырылады. Бұл қондырғыларда суды бумен қайнау температурасына дейін қыздыру процесімен қатар сұйықтықты біркелкі шашырату және оның құрамындағы еріген газдарды шығару процестері жүргізіледі. Генри–Дальтон заңдарына сәйкесті **деаэраторлардың нәтижелі жұмысын қамтамасыз ету шарттары:** аппараттағы қысымда суды қайнау температурасына дейін қыздыру, бұл жағдайда су буларының қысымы газды фазадағы жалпы қысымға тең болады; суды деаэратордың қиындысы бойынша біркелкі шашырату және үлестіру; бу-ауалы қоспаны аппараттан толық шығару (буландырылатын қоспаның мөлшері қыздырушы будың шығынының 3–5% құрайды); газдарды шығаруға қажет уақыт жеткілікті болуы және деаэратордың өлшемдері дұрыс есептелуі керек.

4.4 Судың құрамындағы газдарды химиялық тәсілдермен шығару

Оттегіні коррозиялық-инертті қосылыстарға химиялық байланыстыру бірнеше әдістермен жүзеге асырылады, олардың барлығы тотығу-тотықсыздану процестеріне негізделген. Бұл процестер судайындаудағы басқа да тәсілдерге тән болып келеді, мысалы суды биологиялық

қоспалардан тазарту тәсілдеріне. Сонымен қатар бұл процестер негізгі және көмекші қондырғылардың құрылымдық материалдарының коррозияға төзімділік дәрежесін анықтауда өте маңызды болып саналады.

Тотығу-тотықсыздандыру реакциялары **тотығу** (заттардың электрон беруі) және **тотықсыздану** (заттардың электрон қосып алуы) процестерінен тұрады. Реакция нәтижесінде электрон беретін заттар **тотықсыздандырғыштар**, ал электрон қосып алатын заттар **тотықтырғыштар** деп аталады. Кейбір заттар тотыққан және тотықсыздандырылған күйде де болуы және бір күйден басқа күйге өтуі мүмкін. Яғни электрон беруі де қосып алуы да мүмкін. Тек қана оттегі мен сутегі сәйкесінші тотықтырғыш және тотықсыздандырғыш болады. Ал қалған заттар процесстің шарттарына байланысты тотықтырғыш немесе тотықсыздандырғыш бола алады. Бұл жүйенің тотығу-тотықсыздану немесе **редокс-потенциалымен** сипатталады. Редокс-потенциал Нернст теңдеуіне сәйкесті тотықтырғыш пен тотықсыздандырғыштың белсенділігіне байланысты болады және келесі теңдеу бойынша есептеледі:

$$E=E_0+\frac{k}{n}\ln\frac{a_{окисл}}{a_{восст}}, \qquad (4.10)$$

мұндағы n – тотығу-тотықсыздану реакциясына қатысатын электрондар саны; k – температурағы тәуелді параметр; E_o – тотыққан және тотықсызданған формалардың белсенділіктерінің теңдігін анықтайтын стандартты потенциал.

Тотығу-тотықсыздану потенциалы жүйенің тотықтыру және тотықсыздандыру қабілетін сипаттайтын шама болып табылады. Стандартты потенциалы жоғары зат (мысалы, А) стандартты потенциалы төмен затты (мысалы, Б) тотықтырады, ал керісінше Б заты А затын тотықсыздандырады.

Судайындау процестерінде қолданылатын заттардың стандартты потенциалдары 4.1-ші кестеде көрсетілген. Әдетте, сутекті электродтың

потенциалы нөлге тең. 4.1-ші кестеден MnO_4^- және $Cr_2O_7^{2-}$ иондары, фтор, озон және хлор ең күшті тотықтырғыштар екенін көруге болады.

4.1 кесте. Заттардың стандартты электродты потенциалдары.

Зат	Заттың стандартты электродты потенциалы
Фтор	$F_2 + 2\bar{e} \leftrightarrows 2F^- + 2{,}84$ В
Хлор	$Cl_2 + 2\bar{e} \leftrightarrows 2Cl^- + 1{,}39$ В
Озон	$O_3 + 2H^+ + 2\bar{e} \leftrightarrows O_2 + H_2O + 2{,}07$ В
Оттегі	$O_2 + 4\bar{e} + 2H_2O \leftrightarrows 4OH^- + 0{,}40$ В.
Темір	$F^{3+} + \bar{e} \leftrightarrows Fe^{2+} + 0{,}77$ В
Сульфат иондары	$SO_4^{2-} + 4H^+ + 2\bar{e} \leftrightarrows H_2SO_3 + H_2O + 0{,}17$ В
$Cr_2O_7^{2-}$	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6\bar{e} \leftrightarrows 2Cr^{3+} + 7H_2O + 1{,}33$ В
MnO_4^-	$MnO_4 + 8H^+ + 5\bar{e} \leftrightarrows Mn^{2+} + 4H_2O + 1{,}57$В

Судайындауда тотықсыздандырғыш ретінде натрий сульфиді, гидразин және жоғарымолекулалық, суда ерімейтін полимерлердің бетінде құрастырылған тотықтыру-тотықсыздандыру топтары (мысалы, редокс-иониттер) қолданылады.

Судайындауда натрий сульфидін оттегімен тотығу процесі келесі реакция бойынша жүреді:

$$2Na_2SO_3 + O_2 \rightarrow 2Na_2SO_4\,. \qquad (4.11)$$

(4.11)-ші реакция судың температурасы 80°С және pH≤8 болғанда өте жылдам жүреді. Сульфиттеу процесінде 1мг/дм^3 еріген оттегіге шаққанда судың құрамындағы құрғақ қалдық 10-12 мг/дм^3-қа жоғарылайды. Бірақ температура 275°С жоғары және қысым 6МПа болғанда сульфит гидролизге және өздігінен тотығу-тотықсыздану процестеріне ұшырайды:

$$Na_2SO_3 + H_2O \leftrightarrows 2NaOH + SO_2; \qquad (4.12)$$

$$4Na_2SO_3 \leftrightarrows Na_2S + 3Na_2SO_4, \qquad (4.13)$$

Яғни, бұл тәсілді тек қана орташа қысымда (3–6МПа) жұмыс істейтін қазандықтарда және жылу жүйелерінің қоректі суларын дайындауда қолдануға болады.

Жоғары және өте жоғары қысымда жұмыс істейтін қазандықтар мен барабанды қазандықтарда гидразин-гидрат ($N_2H_4 \cdot H_2O$) түріндеге гидразин қолданылады. Гидразин-гидрат процестің нәтижесінде су мен азотқа ыдырайды, яғни судың құрамындағы тұздардың мөлшері жоғарыламайды:

$$N_2H_4 \cdot H_2O + O_2 \rightarrow 3H_2O + N_2. \qquad (4.14)$$

Бұл реакцияның жылдамдығына температура, ортаның pH мәні, гидразиннің мөлшері және катализатор әсер етеді. Бөлме температурасында бұл реакция өте баяу жүреді. Температура t=105°C, pH=9-9,5 және гидразиннің артық мөлшері шамамен 0,02мг/дм^3 болғанда процесс 2-3с аралығында жүреді. Ортаның pH мәні 7-ден төмен болғанда гидразин мүлдем тотықпайды, бұл оның комплексті қосылыстар түзу қабілетімен түсіндіріледі. Ал pH=9–11 болғанда реакция өте жылдам жүреді. Реакцияның жылдамдығын катализаторлар қолдану арқылы жоғарылатуға болады. Катализаторлар ретінде органикалық заттар, мыс және басқа да металдардың қосылыстары қолданылады. Катализаторлар реакцияның жылдамдығын 25-100 есе арттырады.

4.5 Бақылау сұрақтары

1) Газдардың суда ерігіштігі дегеніміз не?
2) Судың құрамында еріген газдардың пайда болуы.
3) Судың құрамынан бос көмір қышқылын шығару.
4) Декарбонизатордың сызба-нұсқасы және оның сипаттамасы.
5) Судың құрамындағы оттегіні шығарудың физика-химиялық тәсілдері.
6) Судың құрамындағы газдарды химиялық тәсілдермен шығару процесінің физика-химиялық негіздері.
7) Редокс-потенциал дегеніміз не?
8) Натрий сульфидін қолдану процесінің физика-химиялық негіздері.
9) Гидразинді қолдану процесінің физика-химиялық негіздері.

5 БӨЛІМ. СУДЫ ТҰРАҚТАНДЫРУ МАҚСАТЫМЕН ӨҢДЕУ

5.1 Салқындататын суда қалдықтардың пайда болуы және олардың түрлері

Салқындататын суларды қолдану ерекшеліктеріне оның шығыны мен температурасының жылу желісіндегі судың шығыны мен температурасынан әлде қайда жоғары болатыны жатады.

Салқындататын сулардың құрамындағы қоспалар: 1) жүзгінді бөлшектердің тұну (органикалық қоспалар, құм); 2) қатты бөлшектердің сулы ерітіндіден бөліну (көп жағдайда кальций карбонаты); 3) коррозия өнімдерінің пайда болу; 4) биологиялық қоспалардың (тірі ағзалардың) түзілу процестерінің нәтижесінде түзіледі:

Конденсаторлардың ішкі қабырғасында пайда болатын ластанулардың сипаты мен қарқындылығы салқындататын судың физика-химиялық құрамына, оның биологиялық ерекшеліктеріне, конденсатордың құрылымына және оның жұмыс шарттарына (құбырлардағы судың қозғалу жылдамдығы, температуралық ауытқулар және т.б.) және конденсаторлық құбырлардың коррозиялық тұрақтылығына байланысты болады.

Салқындататын сулардың құрамындағы кальций карбонатының түзілуін қарастырайық. Тұрақты суда бикарбонат иондары HCO_3^- бір жағынан CO_3^{2-} және H^+ иондарымен, ал екінші жағынан суда еріген диссоцацияланбаған CO_2 –мен динамикалық тепе-теңдік жағдайда болады. Ал суда еріген көмір қышқылы судың бетіндегі газды көмір қышқылымен тепе-теңдік жағдайда болады. Бұл жағдайды **көмір қышқылдық тепе-теңдік** деп атайды, ол суды қыздырған кезде бұзылады да, еріген көмір қышқылы сұйық ортадан шығарылады. Процестің нәтижесінде бикарбонаттың термиялық ыдырауы жүреді, нәтижеде CO_3^{2-} ионы және CO_2 пайда болады:

$$2\ HCO_3^- \Leftrightarrow CO_3^{2-} + CO_2 + H_2O \qquad (5.1)$$

Температураның және араластыру дәрежесінің жоғарылауымен бикарбонаттың ыдырау дәрежесі жоғарылайды. Процесте пайда болған

карбонат иондары судың құрамындағы кальций иондарымен әрекеттесіп қиынеритін, жеңіл кристалданатын және тығыз тұнба $CaCO_3$ түзеді:

$$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3 . \qquad (5.2)$$

Сондықтан кальций карбонатының түзілуін алдын-алу шараларын қолдану қажет, олар: 1) судың құрамындағы мыс купоросының ($CuSO_4$) концентрациясы 0,2–0,3мг/дм^3 аралығында болуы керек, қажет жағдайда (судың «гүлденуі») мыс купоросының концентрациясын 0,3–0,6мг/дм^3-қа дейін жоғарылатады; 2) суды фосфаттау арқылы оның құрамындағы фосфаттардың концентрациясын 2–2,7мг/дм^3-қа (PO_4^{3-} шаққанда) жеткізу; 3) күкірт қышқылын қосу арқылы салқындататын судың кермектілігін 2,0–2,5 ммоль/дм^3–қа дейін төмендету.

Сонымен қатар, салқындататын судың құрамында темір қосылыстары болса, конденсатор құбырларында темір гидрооксиді $Fe(OH)_3$ түзілуі мүмкін.

Салқындататын судың құрамында қоректік орта мен жағымды температуралық шарттар бактериялар мен балдырлар түзілуіне алып келеді. Судың ішіндегі коллоидты органикалық заттар мен суда еріген көмір қышқылы бактериялар мен балдырларға қажетті қоректік орта болып табылады. Бактериялар мен балдырлар қарқынды дамып, көбейіп шырышты қабат түзеді және жүзгінді бейорганикалық заттар оның бетіне жеңіл жабысады.

5.2 Минералдық қалдықтарды болдырмау тәсілдері

Минералды қалдықтарды бодырмау және салқындататын судың құрамын реттеу үшін салқындату жүйесіндегі суды **үрлеу, қышқылдау, фосфаттау және комплексондармен өңдеу тәсілдері** қолданылады.

Ең алдымен салқындату жүйесіндегі суды үрлеу тәсілі қолданылады, ол үшін суды айдауға жұмсалатын шығындар, қосымша судың мөлшері мен құны және салқындататын судың шекті карбонатты кермектілігі ескеріледі. Салқындататын судың шекті карбонатты кермектілігін ($К_к^{шек}$) келесі теңдеу бойынша есептеуге болады:

$$К_{к}^{шек} = 2{,}8 + \frac{O_m}{9} - \frac{K_{к.е.}}{3 - O_m/22} \qquad (5.3)$$

мұндағы: $K_{к.е.}$ - судың карбонатты емес кермектілігі, ммоль/дм^3 ; O_m – судың тотығуы, мг/дм^3 O_2.

(5.3) теңдеуін температура 40°С және судың тотығуы 30 мг/дм^3O_2-дан жоғары болмаған жағдайда жер беті сулары үшін ғана қолдануға болады.

Градирняларда айналымды (салқындататын) судың тамшылап жоғалуы $Ш_т$ (0,5–2,5%) мен булануының $Ш_{бу}$ (1–1,5%) нәтижесінде шығындалуы оның құрамындағы тұздардың концентрациясының жоғарылауына алып келеді. Тұздардың құрамын реттеу салқындату жүйесін үрлеу арқылы жүзеге асырылады, ал шығындалған судың мөлшерін қалпына келтіру үшін жүйеге қосымша су қосады.

Егер де техника-экономикалық есептеулер нәтижесі бойынша үрлеу тәсілі жеткіліксіз болса, онда оған қосымша арнайы салқындататын суды тұрақтандыру тәсілдері (қышқылдау, фосфаттау немесе комплексондармен өңдеу) қолданылады. Кейбір жағдайларда қосымша ізбестеу немесе ионалмасу тәсілдері де қолданылуы мүмкін. Бұл тәсілдер нәтижелі бірақ қымбат болып саналады, сондықтан оларды қолдану алдында міндетті түрде техника-экономикалық негіздеме жүргізу қажет.

5.3 Суды қышқылдау тәсілімен тұрақтандыру

Салқындататын суды қышқылдау арқылы тұрақтандыру тәсілінде суды күшті қышқылмен өңдейді, бұл процестің нәтижесінде судың карбонатты кермектілігі азаяды. Процесте тұз қышқылын қолдануға болады, бірақ оның коррозиялық агрессивтігі жоғары және бағасы қымбат. Сондықтан, қышқылдау тәсілінде арзан және қол жетімді күкірт қышқылы қолданылады. Егер салқындататын судағы Ca^{2+} және SO_4^{2-} иондарының активті концентрацияларының көбейтіндісі кальций сульфатының ерігіштік көбейтіндісінен (25–60°С аралығында кальций сульфатының ерігіштік көбейтіндісі $ЕК_{CaSO_4}=2{,}4\cdot10^{-5}$) аз болса кальций сульфаты тұнбаға түспейді.

Н-катиондау процесінің нәтижесі қышқылдау тәсілінің нәтижесіне ұқсас болады, бұл тәсілде бикарбонат иондарының сутек иондарымен бейтараптануымен қатар судың құрамынан кальций иондарының сәйкесті мөлшері ажыратылады, осының нәтижесінде салқындататын су тұрақтандырылады.

Суды қышқылдау арқылы тұрақтандыру тәсілі жылу жүйесіндегі қоректік суды дайындауда да қолданылады. Бұл тәсілде карбонатты индекс ($И_К$) деген ұғым қолданылады. **Карбонатты индекс $И_К$** дегеніміз судың жалпы сілтілігінің оның кальцийлі кермектілігіне көбейтіндісі (ммоль/дм^3). Карбонатты индекстің мәні 4,0-0,5 аралығында болуы мүмкін, оның мәні температураға және қыздыру қондырғыларының түрлеріне (қазандықтар, желілі қыздырғыштар) байланысты болады. Күкірт қышқылын қолдану барысында $ЕК_{CaSO_4}$ мәнінің температураның жоғарылауымен елеулі төмендейтінін ескеру қажет. Сонымен қатар, процесте бөлінетін көміртек диоксидін міндетті түрде реакция аймағынан шығару қажет, осы мақсатпен күкірт қышқылын деаэратордың алдында қосады. Егер де карбонатты кермектілікпен қатар жалпы кермектілікті төмендету қажет болса, онда қышқылдау процесінің алдында ізбестеу процесін жүргізеді. Бұл жағдайда күкірт қышқылының меншікті шығыны азаяды және кальций сульфатының ($CaSO_4$) түзілуі төмендейді.

5.4 Салқындататын суды фосфаттау

Салқындататын суды фосфаттау тәсілі қосымша судың сілтілігі 3–4ммоль/дм^3 аралығында болғанда қолданылады. Суды фосфаттау процесінде фосфаттар кальций карбонаты ($CaCO_3$) кристалдарының бетінде адсорбцияланады. Адсорбция нәтижесінде кристаллизация процесінің жылдамдығы төмендейді және циркуляциялық судағы шекті карбонатты кермектіліктің жоғарылауымен кальций бикарбонатының ($Ca(HCO_3)_2$) қаныққан ерітіндісі тұрақтандырылады. Фосфор қышқылының көптеген тұздары тұрақтандыру қабілетке ие, олардың көмегімен циркуляциялық судың карбонатты кермектілігін 4–6,5 ммоль/дм^3 деңгейінде тұрақтандыруға болады. Көп жағдайда натрий

гексаметафосфаты ($(NaPO_3)_6$) және натрийүшфосфаты ((Na_3PO_4)) қолданылады. Фосфаттың теориялық қажет мөлшерін есептеу өте қиын, сондықтан оның тәжірибелік шығынын P_2O_5-ке шаққанда 2–2,7 мг/дм^3 деп алады. Гидролиз процесінің нәтижесінде натрий гексаметафосфатының мөлшері азаяды, сондықтан салқындататын суға реагентті үздіксіз тасымалдап отыру қажет. Гидролиз процесінде келесі реакция жүреді:

$$(NaPO_3)_6 + 6H_2O \rightarrow 6NaH_2PO_4, \qquad (5.4)$$

Реагенттерді енгізу аймағында шламның түзілуіне жол бермеу үшін гексаметафосфат ерітіндісінің концентрациясы 0,1%-н төмен болуы керек. Фосфаттың мөлшерін 3 мг/дм^3-тан жоғарылату тұнбаның түзілуіне алып келеді.

Қазіргі кезде салқындататын жүйелердегі суды өңдеу үшін фосфордың органикалық туындылары қолданылады, атап айтқанда оксиэтилендифосфонды қышқыл (ОЭДФ). Бұл қосылыс 100°С-ден жоғары температурада тұрақты, оның P_2O_5-ке шаққандағы тиімді мөлшері шамамен 1 мг/дм^3-ты немесе тауарлы өнімге шаққанда 10мг/дм^3-ты құрайды. Фосфаттау процесінде **ОЭДФ-ны қолданудың артықшылықтары:** 1) минералды қалдықтар мүлдем түзілмейді; 2) циркуляциялық жүйені қоректендіруге қажет судың шығыны азаяды; 3) конденсаторларды химиялық тазартудың қажеті жоқ және 4) мыс құймаларынан жасалған құбырлардың зақымдалуы төмендейді.

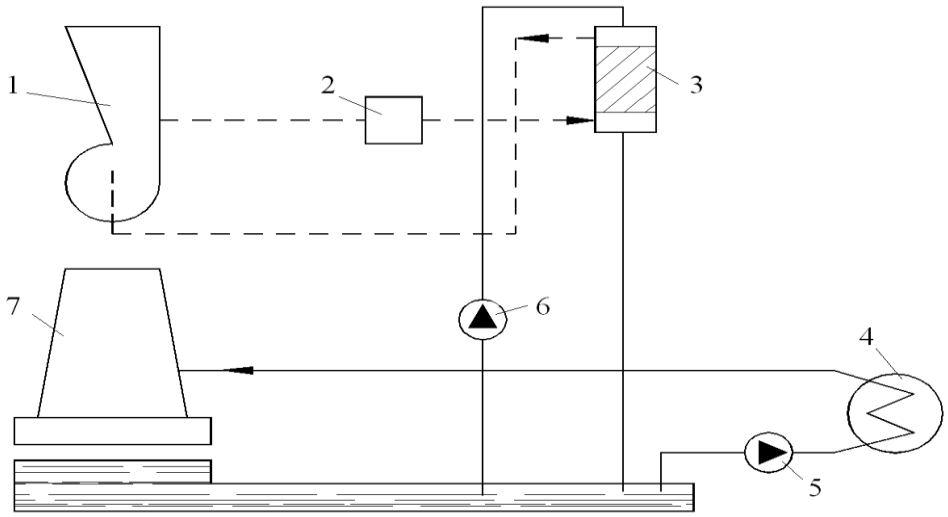
Циркуляциялық судың карбонатты кермектілігі өте жоғары болған жағдайда қышқылдау мен фосфаттау процестерінен тұратын кешенді тәсіл қолданылады. Кешенді тәсілде қышқылдың қатысуымен судың карбонатты кермектілігін фосфаттармен тұрақтандыруға болатын мөлшерге дейін төмендетеді, бұл қышқылдың шығынын азайтуға және салқындату жүйесінде қақтың түзілмеуіне жол береді.

5.5 Салқындататын суды рекарбонизациялау

Суды салқындататын жүйелердің жұмысына жылуалмасу аппараттарында түзілетін қақтар елеулі әсер етеді. Бұл жүйелерде кальций бикарбонатының, яғни салқындататын судың карбонатты кермектілігінің,

ыдырауының нәтижесінде қақ түзіледі. Сонымен қатар, кальций карбонаты аз еритін қосылыс болғандықтан аппараттардың қыздыру немесе салқындату бетінде қақ түзеді. Суда еріген көмір қышқылының мөлшері жеткіліксіз болған жағдайда кальций бикарбонаты ыдырайды. Бұл құбылыс әсіресе салқындататын су жүйелеріне қатысты, себебі градирнялар мен шашыратқыш бассейндерде судың аэрациясының нәтижесінде көмір қышқылы атмосфералық ауамен жүйеден шығарылады. Кальций бикарбонатының ыдырауына жол бермеу үшін еріген көмір қышқылының мөлшерін төмен деңгейін, яғни оның тепе-теңдік концентрациясын қамтамасыз ету керек.

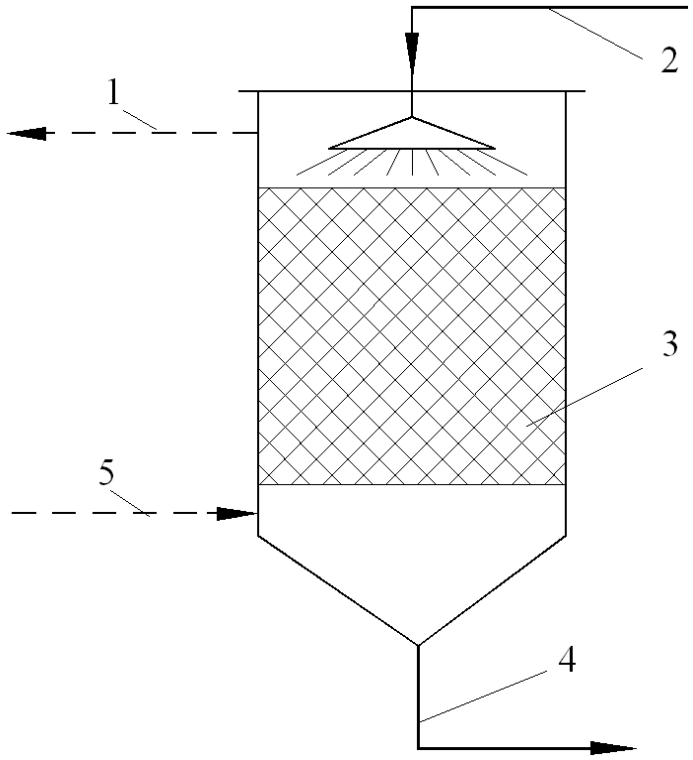
ЖЭС-да көмір қышқылының қажетті мөлшерін суды құрамында CO_2 бар түтінді газдармен өңдеу арқылы қамтамасыз етеді. Салқындататын суды рекарбонизациялау үшін скруббермен жабдықталған жүйе қолданылады (5.1 сурет).



5.1 сурет. Салқындататын суды рекарбоназициялау процесінің сызба-нұсқасы:
1 – түтіндік; 2 – күл аулағыш; 3 – скруббер; 4 – конденсатор; 5 – циркуляциялық сорап;
6 – сорап; 7 – градирня

Салқындататын судың бір бөлігі градирнядан (7) кейін скрубберге (3) беріледі. Скруббердің төменгі жағынан түтіндік (1) арқылы түтінді газдар беріледі, олар скруббердегі суды өңдегеннен кейін түтіндікке қайтарылады. Өңделеген су конденсатор (4) арқылы градирняға қайтарылады.

Скруббер (5.2 сурет) іші ағаш таяқшалармен немесе керамикалық сақиналармен толтырылған цилиндрлі қорап түрінде жасалады. Өңделетін су аппараттың үстіңгі жағынан беріліп, біркелкі үлестіріліп, жұқа қабат немесе ағын түрінде қондырманың беті арқылы төмен ағады. Түтінді газдар төменнен жоғары суға қарама-қарсы бағытта жылжиды. Скрубберде жүретін процестер декарбонизатордағы процестерге ұқсас келеді, сондықтан Генри-Дальтон заңдарына бағынады.



5.2 сурет. Скруббердің сызба-нұсқасы:
1 – түтінді газдардың шығысы; 2 – салқындататын судың кірісі; 3 – қондырмалар; 4 – рекарбонизацияланған судың шығысы; 5 – түтінді газдың кірісі

Сонымен қатар барботажды құрылғылармен немесе су ағынды эжекторлармен жабдықталған жүйелер де қолданылуы мүмкін. Барботажды құрылғыларды қолдану жүйелерінде түтінді газ жоғары қысымды желдеткіштердің көмегімен барботажды құрылғы арқылы беріледі. Бұл жүйенің негізгі кемшілігі электрэнергиясының жоғары шығыны, бірақ түтінді газдардағы көмір қышқылын қолдану нәтижелігі салыстырып қарағанда жоғары және шамамен 40–60% құрайды. Ал су ағынды эжекторлармен жабдықталған жүйелерде эжектор түтінді газдар

мен салқындататын судың жақсы араласуын қамтамасыз етеді. Тәжірибелік жағдайда су ағынды эжекторлармен және барботажды құрылғылармен жабдықталған жүйелер кеңінен қолданылады. Эжектордан кейін өңделетін су барботажды құрылғыға беріледі. Барботажды құрылғы салқындататын суды түтінді газдармен қосымша өңдеуге мүмкіндік береді.

5.6 Салқындататын суды комплексондармен өңдеу

Салқындататын суды комплексондармен өңдеу тәсілінде суды өңдеу үшін өте аз мөлшерде (шамамен 3–10 мг/дм^3) комплексондар қолданылады. Комплексондар судың кермектілігін өзгертпей қақ түзу процесін тежейтін заттар, олардың әсері қақтың кристалдану орталығының бұзылуына негізделген. Қыздыру барысында ыдыраған уақытша кермектілік тұздары судың қозғалу жылдамдығы төмен аймақтарда тұнба түзеді.

Салқындататын суды комплексондармен өңдеу жүйелерінде Na-катионитті иониттерді қолданудың қажеті жоқ, яғни оларды тазартуға қосымша су жұмсалмайды (судың шығыны төмендейді) және ағызынды сулардың құрамында хлоридтер болмайды. Бірақ, комплексондармен өңдеу тәсілінің **негізгі кемшілігі** – реагенттерді сенімді және автоматты мөлшерлеу жүйелерінің жоқтығы.

Комплексондар (мысалы, Ресейлік ИОМС-1 (минералды тұздарды тұндыру ингибиторы)) фофсорқұрамдас қосылыстарға жатады, сондықтан метал катиондарымен коррозияның жылдамдығын төмендетуге мүмкіндік береді. Ашық су тоғандарындағы ИОМС-1 концентрациясы 4,0 мг/дм^3-тан жоғары болмауы керек. Қазіргі кезде неміс фирмасы шығаратын Гилуфер-422 комплексонын қолдану ұсынылуда, оның негізгі артықшылықтарына жоғары температуралығы, тұрақтандыру және дисперсиялау қасиеттері, үздіксіз қолдану нәтижесінде ескі қалдықтарды ыдырату қабілеті жатады. Бұл комплексондарды жалпы кермектілігі 25 ммоль/дм^3-қа дейін және pH 6–10 болатын суларды өңдеу үшін және ашық және жабық жылумен қамтамасыз ету жүйелерінде қолдануға болады.

5.7 Салқындату және айналмалы жүйелерде биологиялық қалдықтарды болдырмау тәсілдері

Салқындату жүйесінде температураның жоғарылауы және қоректік ортаның болуы бактериялар мен балдырлардың қарқынды дамуына, көбейіп шырышты қабат түзуіне алып келеді. Судың тотығуы 10–15мгO_2/дм^3-тан жоғары болғанда биологиялық шегінділердің түзілу процесінің қарқындылығы жоғарылайды. Судағы коллоидты органикалық заттар мен суда еріген көмір қышқылы бактериялар мен балдырларға қажетті қоректік орта болып табылады.

Биологиялық шегінділердің түзілу процесінің қарқындығына судың температурасы, оның құрамында қоректік ортаның және іридисперсті бөлшектердің болуы әсер етеді.

Темір қосылыстарының мөлшері жоғарылағанда салқындататын судың құрамында темірлі бактериялар пайда болып конденсаторлардың құбырларын жауып қалады. Сульфатқұрамдас салқындататын судың ішінде сульфаттотықсыздандырғыш бактериялар болады, олардың тіршілігінің нәтижесінде күкіртті сутек пен сульфидтер пайда болады, олар конденсатордың коррозияға ұшырауына алып келеді.

Биологиялық шегінділердің түзілуін болдырмау үшін салқындататын суды күшті тотықтырғыштармен немесе ауыр металдардың тұздарымен өңдейді. Күшті тотықтырғыштар ретінде хлор және оның туындылары қолданылады. Мысалы, элементарлы хлор, хлорлы қышқылдың тұздары (гипохлоридтер) және хлор диоксиді ClO_2. Қалыпты жағдайда хлор – жасыл-сары түсті өткір иісті улы газ. 608кПа қысымда және 15°С-де хлор сұйытылады. Хлор ауадан 2,45 есе ауыр, суда аз ериді, 0 и 25°С-гі ерігіштігі сәйкесінше 14,6 және 6,4г/дм^3 құрайды. Хлор суда ерігенде гидролиз процесінің нәтижесінде хлорлы және тұз қышқылдары түзіледі:

$$Cl_2 + H_2O \leftrightarrow HClO + HCl \qquad (5.5)$$

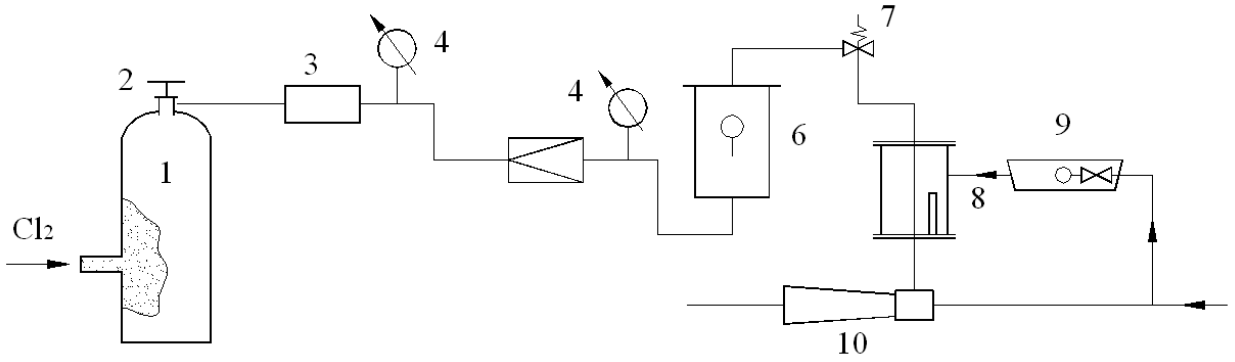
Әлсіз хлорлы қышқыл ерітіндіде диссосацияланып гипохлорит-ионын түзеді:

$$HClO \leftrightarrow H^+ + ClO^- \qquad (5.6)$$

18°С-де диссосация тұрақтысы $3,7 \cdot 10^{-8}$ тең болады. Яғни салқындататын судың құрамында Cl_2, HClO, ClO^- болады, олардың қатынасы судың pH мәніне байланысты болады. pH=6÷8 болғанда судың құрамында хлорлы қышқыл мен гипохлорид-иондары болады. pH мәнінің жоғарылауымен хлордың залалсыздандыру әрекеті төмендейді. Сондықтан хлорлау процесін pH<7 болғанда жүргізу қажет немесе хлорды қандай да бір сілтілі реагенттерді қосудың алдында беру қажет.

Суды ауыр металдардың тұздарымен залалсыздандыру тәсілінде ауыр металдардың иондары (мыс, күміс) микроағзалардың жасушаларының цитоплазмасымен әрекеттесіп функционалды өзгерістерге алып келеді. Мыс иондары мыс купоросы түрінде ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) қосылады немесе құбырларда орналастырылған мыс анодтарының еруінің нәтижесінде алынады.

Салқындататын суды хлорлау процесінің сызба-нұсқасы 5.3-ші суретте көрсетілген. Бұл технологияда хлор циркуляциялық сораптардың көмегімен хлорлы су түрінде беріледі.



5.3 сурет. Вакуумды хлоратордың сызба-нұсқасы:
1 – сұйық хлорды тазартуға арналған аралық баллон; 2 – реттегіш қақпақ; 3 – сүзгі; 4 – манометр; 5 – редуктор; 6 – шығын өлшеуіш; 7 – қорғаушы қақпақ; 8 – араластырғыш; 9 – тұрақты деңгей бағі; 10 – суағынды эжектор

Хлор улы газ болғандықтан хлорлы су дайындау үшін өнімділігі 0,5–50кг/ч вакуум хлораторлар қолданылады. Хлордың мөлшерін суды алдын-ала хлорлау нәтижесі бойынша анықтайды, салқындататын судағы хлордың қалдықты мөлшері 0,3–0,5 мг/дм^3 болуы керек.

Салқындататын суды хлорлау биологиялық шегінділердің түзілу жылдамдығына және олардың қалыңдығына байланысты мерзімді жүргізіледі. Әдетте суды хлорлау процесі тәуілігіне 1-3 рет 40-60 минут аралығында жүргізіледі.

5.8 Бақылау сұрақтары

1) Салқындататын суда қалдықтардың пайда болуы және олардың түрлері.
2) Минералдық қалдықтарды болдырмау тәсілдері.
3) Суды қышқылдау тәсілімен тұрақтандыру және карбонатты индекс дегеніміз не?
4) Салқындататын суды фосфаттау процесінің негіздері.
5) Салқындататын суды рекарбонизациялау процесінің негіздері.
6) Салқындату жүйесіндегі суды комплексондармен өңдеу тәсілінің негіздері.
7) Салқындату жүйесінде биологиялық қалдықтардың түзілу себептері және оларды бодырмау үшін қолданылатын реагенттер.
8) Хлорлау процесінің механизмі және вакуумды хлоратордың сызба-нұсқасы.

6 БӨЛІМ. ЖЫЛУ ЖЕЛІЛЕРІНДЕГІ СУ ДАЙЫНДАУ

6.1 Қосымша суды дайындау тәсілдерін таңдау

Суды дайындау тәсілін таңдау барысында әрбір нақты жағдайда бастапқы судың химиялық құрамы және тазартылған судың сапалық көрсеткіштері ескеріледі. Егер екі немесе бірнеше тәсілді қолдану мүмкіндігі туатын болса, онда әрбір тәсілдің техника-экономикалық есептеулер орындап, олардың нәтижелерін салыстырып, тиімді тәсілді таңдайды. Қоршаған ортаны қорғау заңы су тоғандарын лас қалдықтардан сақтауды бірінші орынға қояды, сондықтан судайындау жүйесін бағалаудың негізгі көрсеткіштеріне ағызынды сулардың мөлшері мен құрамы, оларды ашық су тоғандарына тастау мүмкіндігі, оларды тазарту тәсілдері мен құны жатады. Судайындау жүйесін таңдау барысында жылу желілерінің түрін, атап айтқанда ыстық сумен қамтамасыз ету жүйелерін қосу тәсілін ескеру қажет.

Судайындау жүйесі бірнеше сатыдан тұрады: коагуляциялау және мөлдірлеу, темір қосылыстарын бөліп алу (артезиан суларын қолданған кезде), деаэрациялау және қаққа қарсы өңдеу.

Қосымша суды тазартудың бірінші сатысы ЖЭС-да қолданылатын су талаптарға сәйкес болмаған жағдайда ғана жүргізіледі. Артезиан суларын қолданған жағдайда коагуляциялау және мөлдірлеудің қажеті жоқ, ал темір қосылыстарын бөліп алу міндетті болып саналады. Жер бетіндегі суларды қолданған кезде деаэрациялау сатысы міндетті болып саналады. Термиялық деаэрациялау процесін қолдану тиімді, ол судағы агрессивті газдарды шығарумен қатар суды термиялық залалсыздандыруға мүмкіндік береді. Ал суды қаққа қарсы өңдеу барлық су дайындау жүйелерінде әртүрлі тәсілдермен жүзеге асырылады.

Қандайда болсын судайындау нәтижесінде алынған сапалы су жылу желілерінің тиімді су-химиялық ережесін қамтамасыз етуі және су қыздыратын қондырғылардың бетінде қақтың түзілуіне жол бермеуі қажет.

6.2 Қосымша суды қаққа қарсы магниттік өңдеу

Қаққа қарсы магниттік өңдеу нәтижесінде судың ішінде көптеген субмикроскопиялық және коллоидты қосылыстар түзіледі, олар суды қыздырғанда пайда болатын кальций карбонатының кристалдары болуы мүмкін. Сұйықтықтың ішінде көп мөлшерде кристалдану орталықтары болғандықтан сұйықтық көлемінде кальций карбонаты бөлініп кристалдардың өсуін тежейді, соның нәтижесінде олардың дисперстігі жоғарылайды. Негізгі қақтүзуші зат жылытылатын судың қабатына өтетіндіктен қондырғылардың жылутасымалдау бетінде қақ түзілмейді. Бөлінетін кальций карбонатының жоғары дисперстілігі қақтың қайта түзілуіне кедергі жасайды. Қаққа қарсы магниттік өңдеу процесінің тиімді шарттарын анықтау үшін магниттелетін бастапқы судың құрамына сәйкес алдын-ала тәжірибелік зерттеулер жүргізу қажет. Себебі ерітінділерге электромагнитті өрістердің әсері әлі де толық зерттелмеген және сандық заңдылықтар анықталмаған.

Өнеркәсіптік магниттік қондырғыларда жүргізілген тәжірибелердің нәтижесінде бұл әдіс жалпы минералдылығы 500 мг/дм^3 –тен жоғары емес, жалпы және карбонатты кермектілігі 4 ммоль/дм^3-қа дейін болатын табиғи суларды қолданғанда ғана тиімді екені дәлелденген.

Магниттік өңдеу жалпы технологиялық процестің бір сатысы болып саналады, ал қалған сатылары бастапқы судың сапасына қарай таңдалады. Егер су ашық тоғандардан алынатын болса, алдымен коагуляция, мөлдірлеу, содан кейін магниттік өңдеу және термиялық деаэрация сатылары жүргізіледі.

Әдетте судайындау процесінің нәтижелігі барлық қондырғылар мен құбырлардың бетінде қақтың болмауымен бағаланады. Бұл магниттік өңдеуге де қатысты. Сондықтан магниттік өңдеу процесінде жылытылған суда майда дисперсті кальций карбонаты пайда болатындықтан көмекші қондырғылардың жұмысын өте ұқыпты және дұрыс ұйымдастыру қажет.

6.3 Жабық жылу желелеріндегі су дайындау

Жабық жылу жүйелердегі судың адамдарға тікелей қатысы болмағандықтан олардың санитарлық талаптарға (әсіресе судың pH мәні бойынша) сай болуы міндетті емес. Сондықтан жабық жылу жүйелерінде бу қазандықтарының үрлеу суларын және анионитті сүзгілердің жуынды суларын қолдануға болады, бұл жағдайда қосымша судың pH мәні 8,5-тен жоғары да болуы мүмкін. Қазандықтардың үрлеу суларын және тұзсыздандыру қондырғыларының ағызынды суларын кәдеге асыру экономикалық тиімді болып саналады, себебі бұл қолданылатын судың жалпы мөлшері мен ағызынды сулардың көлемін азайтады. Бірақ үрлеу сулары мен ағызынды сулардың құрамындағы гидрат- және фосфат-иондары кальций және магний иондарымен қиынеритін қосылыстар түзеді, яғни бұл сулардың кермектілігі жоғарылайды. Кермектілікті төмендету мақсатымен Na-катиондау процесін қолдану кезінде катионитті сүзгілердің ағызынды суларын кәдеге асыру қиындайды.

Гидразин немесе басқа қосылыстар адамның ағзасы мен денсаулығына зиянды әсер ететіндіктен оларды қолдануға тыйым салынады. Оларды жылу желілеріндегі суларды өңдеуге мүлдем қолдануға болмайды, себебі жүйе жабық болғанымен қондырғылардың жіңішке саңлаулары арқылы немесе суды жоспардан тыс желіден шығарған кезде су ашық тоғандарға ағып кетуі мүмкін.

Суды жүйесіз қолдану, оның өнеркәсіптік шығындары ең алдымен судайындау қондырғыларының өнімділігін төмендетеді. Сондықтан судайындау қондырғыларын жоспарлау барысында міндетті түрде қондырғының өнімділігін жоғарылату мүмкіндіктері ескеріледі. Сонымен қатар жылу желісінің үздіксіз жұмысын қамтамасыз ету мақсатымен судың екі-үш сағаттық қоры ескеріледі. Жабық жүйелердегі қосымша судайындау қондырғыларының өнімділігі ашық жүйелердің өнімділігімен салыстырғанда әлде қайда төмен болады.

6.4 Жергілікті ыстық сумен қамтамасыз ету жүйелеріндегі су дайындау

Орталық ыстық сумен қамтамасыз ету жүйелерінде (жабық жылумен қамтамасыз ету жүйесі) бастапқы судың коррозиялығы мен қақ түзу қабілеті ғана маңызды болып сналады. Сондықтан, техника-экономикалық есептеулер нәтижелері бойынша бастапқы судың коррозиялығын және қақ түзу қабілетін төмендету тәсілдері қолданылады. Талдау және тәжірибелік зерттеулер нәтижесінде бастапқы судың карбонатты кермектілігі 0,3 мг/дм^3–тан (Fe-ге шаққанда), ал хлоридтер мен сульфаттардың қосынды құрамы 50 мг/дм^3-тан жоғары болмаған жағдайда суды коррозияға және қақ түзуге қарсы өңдеудің қажеті жоқ екендігі дәлелденген.

Жұмыс тәжірибесінің нәтижесінде ыстық сумен қамтамасыз ету желілерінде өңделмеген ағын суды қолдану нәтижесінде жылуалмастырғыштардың құбырларында карбонатты немесе карбонатты-темірлі қақ түзілетіні байқалған. Сондықтан, карбонатты кермектілік шамамен 6–7 ммоль/дм^3 және темірдің құрамы 3 мг/дм^3 болғанда суды 70–90°С дейін қыздыруға қолданылатын құбырларды әр 3-4 ай сайын, ал 60°С дейін қыздыратын құбырларды 6 айдан кейін міндетті түрде тазартып тұру қажет. Қаққа қарсы өңдеу бастапқы судың құрамында қақ түзуші қоспалардың мөлшері көп болғанда ғана қолданылады. Органикалық заттар кальций карбонатының түзілуін тежейді, яғни қақ түзу қарқындылығын төмендетеді. Қанығу индексін анықтауда органикалық заттардың әсерін ескеру қиын болғандықтан судың тотығуы деген көрсеткіш қолданылады. Кейбір жағдайларда судың тотығу жоғары болса (3 мг O_2/дм^3 -тан жоғары) суды қаққа қарсы өңдеудің қажеті жоқ.

Темірдің құрамы жоғары (3 мг/дм^3–тан жоғары) болғанда судың түсі өзгереді (темір тотығының гидраты түзіледі) және қыздырғыштардың құбырларында қақ түзілуі де мүмкін. Сондықтан құбырлардың оқтын-оқтын тазартып тұру қажет. Бірақ құбырларды тазартудың жұмысы көп, құны жоғары және ұзақ мерзімге ыстық сумен қамтамасыз ету жүйесін тоқтатуды талап етеді. Ал реагентті және ионитті өңдеуде ыңғайсыз

қымбат қондырғылар қолданылады, оларды қолдану және қызмет ету шығындары өте көп болады. Сондықтан қақ түзудің алдын алу үшін суды магниттік өңдеу немесе магниттік өңдеумен бірге темірсіздендіру әдістері қолданылады. Суды темірсіздендіру үшін стандартты сульфокөмірмен толтырылған катионитті сүзгілер қолданылады. Магниттік өңдеумен бірге темірсіздендіру әдістерінің басқа әдістермен (мысалы, Na-катиондаумен вакуумду деаэрациядан тұратын әдіспен) салыстырғандағы экономикалық тиімділігі техника-экономикалық есептеулермен дәлелденген.

6.5 Жылумен қамтамасыз ету жүйелеріндегі су дайындау

Жылумен қамтамасыз ету жүйелеріндегі су дайындаудың ең тиімді әдісі магниттік өңдеу болып саналады. Жабық жылумен қамтамасыз ету жүйесінің ерекшілігі – маусым бойында жүйеде бір су айналып жүреді, ал шығындарды қалпына келтіретін қосымша судың мөлшері жылу желісінің жалпы көлемінің 1–2% ғана құрайды. Айналымды жүйеге келіп түскен немесе қыздыру нәтижесінде пайда болған механикалық қосылыстарды жүйеден шығару мүмкіндігі төмен болады.

Магнитті өңдеу процесінде негізгі қақтүзуші зат (кальций карбонаты) қыздырылған суда майдадисперсті жүзгінді бөлшектер түрінде болады. Жылу желісінің құбырларының және қыздыру аспаптарының ішіндегі темір тотығының жүзгінді бөлшектері жазғы уақыттағы тоқтаулар кезінде пайда болады. Темір тотығы гидратының бөлшектері темір бикарбонатының (артезиан суының құрамында болған жағдайда) гидролизі нәтижесінде пайда болады.

Қаққа қарсы магнитті өңдеудің сенімділігін арттыру үшін артезиан суын 95°С дейін қыздыратын жабық жылумен қамтасыз ету жүйелерінде жылу беру маусымында және маусымның соңында айналымдағы судағы жүзгінді бөлшектердің мөлшерін анда-санда анықтап отыру керек. Егер жүзгінді бөлшектердің құрамы 1г/дм^3-тан жоғары болса, онда жылу беру жүйесін босатып сумен жуу қажет.

6.6 Бақылау сұрақтар

1) Қосымша суды дайындау тәсілдері қай уақытта қолданылады және оларды қалай таңдайды?

2) Қосымша суды дайындау сатылары.

3) Қосымша суды қаққа қарсы магниттік өңдеу тәсілі.

4) Жабық жылу желелеріндегі судайындау ерекшеліктері.

5) Жергілікті ыстық сумен қамтамасыз ету жүйелеріндегі судайындау ерекшеліктері.

6) Жылумен қамтамасыз ету жүйелеріндегі судайындау ерекшеліктері.

7 БӨЛІМ. ЖЫЛУЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ӨНЕРКӘСІПТЕРДІҢ АҒЫЗЫНДЫ СУЛАРЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЗАРТУ ТӘСІЛДЕРІ

7.1 Судайындау және оның қоршаған ортаға әсері

ЖЭС-да судайындау процестерін сапалы ұйымдастыру келесі шарттарды жүзеге асыруға мүмкіндік береді:

1) қоршаған ортаға және адамдардың денсаулығына зиянды әсер ететін заттардың мөлшерін азайтады, яғни экологиялық қәуіпсіздікті жоғарылатады;

2) жылуэнергетикалық қондырғылардың және жылулық жүйелердің сенімді және тиімді жұмысын қамтамасыз етеді;

3) жылуэнергетикалық қондырғылардың және жылулық жүйелердің ішкі бетінде коррозия өнімдерінің пайда болуын және тұнуын болдырмайды;

4) отынның шығынын төмендетеді, себебі қондырғылардың бетінде пайда болған қақтың жылулық кедергісі отынның шығынын көбейтеді (7.1 кесте).

7.1 кесте Отынның қақтың қалыңдығына байланысты өндірістік шығыны төмен

Қақтың қалыңдығы, мм	1,5	3	7	10	13
Отынның шығыны, %	15	25	39	50	70

Жер бетіндегі сулардың құрамына әртүрлі өнеркәсіптік өндірістердің ағызынды сулары мен қалдықтары елеулі әсер етеді. Осылардың әсерінен су тоғандары түрлі бейорганикалық және органикалық химиялық қосылыстармен ластанады. Сондықтан судайындау технологияларын әрдайым жетілдіріп, ЖЭС-да пайда болған ағызынды суларды тазарту шараларын жүзеге асыру қажет.

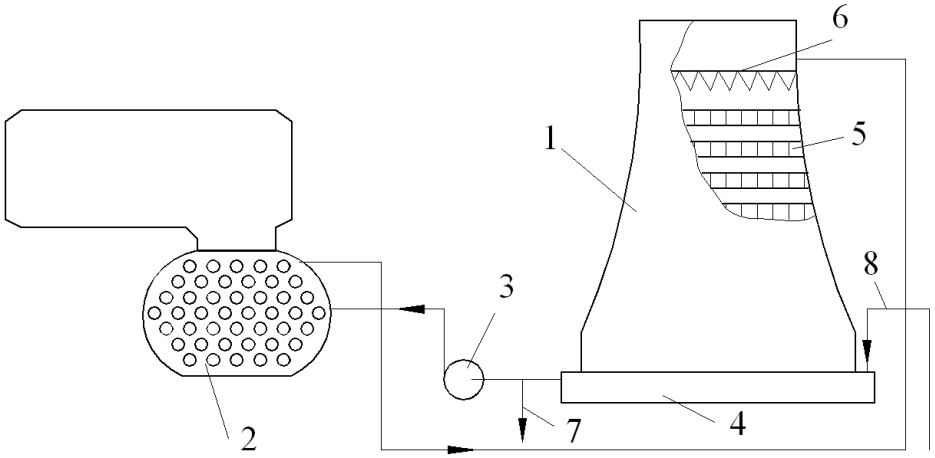
7.2 ЖЭС мен қазандықтардың ағызынды сулары

ЖЭС-да аппараттарды салқындату үшін де су қолданылады. Оның көп мөлшері турбиналардың конденсаторларын салқындату үшін қолданылады. Турбинада қолданылған будың бір тоннасын конденсациялау үшін шамамен 50-60т су шығындалады. Қондырғыларды

салқындату нәтижесінде судың температурасы шамамен 8–10°С жоғарылайды, бірақ осының өзі табиғи су тоғандарының экологиялық жағдайын нашарлатады. Жылы суларды табиғи су тоғандарына тастаған кезде судың құрамындағы еріген оттегінің мөлшері азаяды, көк-жасыл балдырлар өсе бастайды, судағы тірі жәндіктер азаяды және т.б. Сондықтан ЖЭС міндетті түрде арнайы араластырушы құрылғылар қолданылады, олар жылы суларды салқын сумен араластырып жылулық әсерін төмендетеді. Жылы суларды су тоғандарына тереңірек тастауға немесе шашырату арқылы салқындатып тастауға болады. Бұл әдіс суды оттегімен байытуға да мүмкіндік береді. Бірақ бұл тәсілдерді ірі су тоғандарының жағасында орналасқан ЖЭС-да қолдануға болады. Ал басқа электростанцияларында жабық салқындату немесе градирнялар қолданылады.

Жабық салқындату жүйелері елді мекеннен алыс орналастырылған ЖЭС-да жүзеге асырылады. Бұл жүйелерде салқындататын судың жылуы балықтарды өсіруге, жылыжайларды жылытуға және т.б. қолданылуы мүмкін. Ал үлкен қалаларда және ірі елді мекендерде орналасқан ЖЭС-да арнайы ағаштан, темірден немесе темірбетоннан жасалған құрылғылар – градирнялар қолданылады. Жылы су олардың жоғарғы жағынан беріледі, ол градирняның ішіндегі қондырмалар арқылы ағып оның түбінде орналасқан бассейнде жиналады. Жылы су қарама-қарсы бағытта берілетін ауамен салқындатылады (7.1-ші сурет). Буланатын судың мөлшері турбиналардың конденсаторларында конденсацияланған будың мөлшерінен аздау болады.

Көптеген ЖЭС-да салқындататын жүйелердің ағызынды сулары толық қолданылмайды. Олар химиялық тазартуға жіберіледі, бұл жағдайда реагенттер шығындалғанымен тасталатын судың жылуы қолданылады. Сонымен қатар су тоғандарына тасталатын ағызынды сулардың мөлшері азаяды.



7.1 сурет. Айналымды салқындату жүйесінің сызба-нұсқасы:
1 – градирня; 2 – конденсатор; 3 – айналымды сорап; 4 – салқындатылған суға арналған резервуар; 5 – градирнялардың қондырмалары; 6 – шашыратқыш құрылғы; 7 – үрлеу, яғни судың бір бөлігін салқындату жүйесінен шығару; 8 – жүйені таза сумен қамтамасыз ету.

ЖЭС-да су дайындау қондырғыларында пайда болатын ағызынды сулардың түрлері: 1) суды химиялық тазарту нәтижесінде пайда болған; 2) жылулық қондырғыларды тазарту және тоқтатып қою нәтижесінде пайда болған; 3) жылы сулар; 4) гидрокүлшығару нәтижесінде пайда болған; 5) жуынды сулар; 6) мұнаймен ластанған сулар.

7.3 Суды химиялық тазартудан кейінгі ағызынды суларды тазарту

Химиялық тазарту бірнеше сатыдан тұрады. Оның құрамына сумен жуып-шаю және химиялық реагенттермен өңдеу жатады. Жуып-шаю технологиясы мен қолданылатын реагенттердің түрі қалдықтың құрамына және қондырғылардың түріне байланысты болады. Химиялық тазарту үшін бейорганикалық қышқылдардың (тұз, күкірт және фтор) ерітінділері, органикалық қосылыстар (адипин, ортофтал, лимон қышқылдары, төменмолекулалық қышқылдардың моноаммоний цитратты қоспалары және т.б.), олардың негізіндегі комплексондар мен композициялар (ЭДТА, трилон Б, фторидтер, жуу қоспалары ОП-7, ОП-10 және т.б.), сонымен қатар коррозия ингибиторлары (уротропин, формальдегид, катапин, каптакс, ПБ-5, гидразин және т.б.) қолданылады. Жуып-шаю барысында

пайда болатын ағызынды сулардың мөлшері қазандықтардың түріне және жуып-шаю үлгісіне байланысты болады.

Химиялық тазарту нәтижесінде пайда болған ағызынды сулардың негізгі кемшіліктеріне олардың құрамындағы қоспалардың концентрациясы мен құрамының тұрақсыздығы жатады.

Кейбір қоспалардың болуы және концентрациясы жуып-шаю тәсіліне (С1-, формальдегид, гидразин және т.б.) байланысты болады. Ал темірдің және көбік түзушілердің концентрациялары барлық тәсілдерде салыстырып қарағанда бірдей болады. Ағызынды суларды тазарту тәсілін таңдау үшін олардың құрамындағы қоспаларды үш топқа бөледі:

1) бейорганикалық заттар, олардың су тоғандарындағы концентрациялары шекті рұқсат етілген концентрация (ШРК) жоғары болмауы керек, оларға кальций, магний және натрий сульфаттары мен хлоридтері жатады;

2) уытты заттар, олардың су тоғандарындағы құрамы ШРК-дан жоғары болады, оларға темір, мыс және мырыш тұздары, фторқұрамдас қосылыстар, гидразин жатады;

3) органикалық заттар, аммоний тұздары, нитриттер, сульфидтер, яғни бактериялық немесе тікелей тотығатын заттар.

Негізінде ағызынды суларды тазарту тәсілдерін таңдау қолданылатын отынның түріне және күлді шығару әдісіне байланысты болады. Осы тұрғыдан қарағанда ағызынды суларды тазартудың екі тәсілі бар:

1) сұйық және газды отында жұмыс істейтін ЖЭС, сонымен қатар ашық ГЖҚ (газбен жабдықталған қондырғылармен) жабдықталған қатты отында жұмыс істейтін ЖЭС-ғы ағызынды суларды тазарту;

2) жабық ГЖҚ жабдықталған қатты отында жұмыс істейтін ЖЭС-ғы ағызынды суларды тазарту.

Газмазутты ЖЭС және ашық ГЖҚ жабдықталған ЖЭС-дағы ағызынды суларды тазарту үш сатыдан тұрады:

1) қолданылған ерітінділердің барлығын және орташанландыратын сыйымдықтағы ластанған сулардың (pH < 6) бір бөлігін жинау;

2) ерітінділерден екінші топтағы уытты заттарды бөліп алып, тұнбаны бейтараптандырғыш бактарда пайдаға асыру;

3) суларды үшінші топтың заттарынан тазарту.

Ағызынды суларды залалсыздандырудың негізгі мақсаттарына жуып-шаю барысында пайда болған метал мен реагенттерден тұратын комплекстерді ыдырату, металдарды тұнбаға түсіру және органикалық қосылыстарды ыдырату жатады. Жуып-шаю сатысында тұз, адипин, фтал және дикарбон қышқылдарын қолданғанда ауыр металдардың (Fe, Cu, Zn) иондарын тұндыру pH 11,0-ге дейін болғанда (ізбес ерітіндісі) жүзеге асырылады. Цитрат ерітіндісін қолданғанда pH=10 болғанда темірдің цитратты комплекстері толық ыдырайды. Мыс және мырыш комплекстері ерітіндінің pH қандай болған жағдайда да мүлдем ыдырамайды.

Ағызынды суларда көп мөлшерде гидразин, натрий нитриты және аммиак болады. Гидразинді ыдырату үшін хлорлы әк тасы немесе сұйық хлор қолданылады. Натрий нитритін ыдырату үшін 10-15% артық мөлшермен алынған күкірт қышқылы қолданылады. Күкірт қышқылын екі сатылы беру арқылы процесті үдетуге болатыны дәлелденген, алдымен есептелген мөлшердің 50%, бір сағаттан кейін қалған мөлшері беріледі. Ауамен үрлеу нәтижесінде нитрит пен гидразиннің ыдырау жылдамдықытарын және аммиакты бөліп шығару жылдамдығын жоғарылатуға болады. Температураны жоғарылату қоспаларды ыдырату процесінің ұзақтығын және ауаның шығынын төмендетеді.

Қышқыл қолдану арқылы залалсыздандыру процесінің негізгі кемшіліктеріне қосымша реагенттердің қолданылуы және зиянды азот тотықтарының пайда болуы жатады.

Соңғы жылдары экологиялық таза, қосымша реагенттер қолданылмайтын ыстық су-бу-оттекті тәсіл қолданылуда. Бұл тәсілде жоғары жылдамдықпен таза ыстық су және құрамында оттегінің концентрациясы жоғары (2-3г/дм^3) және температурасы белгілі бу қолданылады. Бұл өңдеудің нәтижесінде қақтар ыдыратылып, металдың бетінде қорғаушы қабықша пайда болады. Бұл қабықшаның коррозияға тұрақтылығы тот баспайтын болаттың тұрақтылығындай болады.

7.4 Қондырғыларды жуу және тоқтатып қоюдан кейінгі жуынды ерітінділерді тазарту

ЖЭС-да бу қазандықтарында қолданылатын сулар химиялық тазартудан өткізіледі. Химиялық тұзсыздандыру иониттердің қатысуымен жүргізілді. Бұл тәсілдің негізгі кемшілігі – көп мөлшерде ағызынды сулар пайда болады, олардың мөлшері жалпы қолданылатын сулардың 20–30% құрайды. Бұл ағызынды сулардың құрамында көп мөлшерде тұздар болады, олардың құрамында иониттермен сіңірілген тұздар, иониттерді регенерациялауда қолданылған реагенттер – күкірт қышқылы және сілтілер болады. Яғни ағызынды сулармен тасталатын тұздардың мөлшері судан бөлініп алатын тұздардың мөлшерінен 2-2,5есе көп болады.

Жылулық қондырғыларды химиялық тазарту және тоқтатып қою нәтижесінде пайда болған ағызынды сулардың құрамы әртүрлі болады. Қолданылатын технологияға байланысты бұл сулардың құрамында минералды (көп жағдайда тұз немесе күкірт қышқылдары) және органикалық қышқылдар болады. Жылулық қондырғыларды тазарту үшін лимон, фтал қышқылдары, ЭДТА немесе оның екінатрийлі тұзы, төменмолекулалық майлы қышқылдардың қоспасы (құмырсқа, сірке, майлы және т.б.) және т.б. қолданылады. Қақтың компоненттерін еріту үшін (мысалы, металды мысты) тазарту үшін қолданылатын судың құрамына тотықтырғыштар енгізіледі. Қондырғыларды тоқтатып қою нәтижесінде пайда болған ағызынды сулардың құрамында аммиак, гидразин немесе нитриттер $NaNO_2$ болуы мүмкін.

7.5 Жылы ағызынды суларды тазарту

ЖЭС-ң әртүрлі аппараттарын салқындату үшін су қолданылады. Оның көп мөлшері турбиналардың конденсаторларын салқындатуға жұмсалады. Турбинада қолданылған судың 1 тоннасын конденсациялауға жыл мезгіліне байланысты 50-60 тонна су шығындалады. Қуаттылығы 4 000МВт ЖЭС-да сағатына шамамен 13 000 тонна бу бөлінеді. Бұл будың бір бөлігі регенерацияға жіберіледі, яғни турбинаның жоғары қысымды цилиндрінен кейін төмен және жоғары қысымды жылытқыштарды

қыздыруға және деаэраторлардың жұмысына шығындалады. Ал қуаттылығы 4 000МВт таза конденсациялық электрстанцияларында конденсаторларға сағатына шамамен 10 000 тонна бу жіберіледі. Өңделген будың осындай мөлшерін салқындату үшін сағатына шамамен 500 000 тонна салқындататын су қажет. Бұл судың температурасы 8–10°С-ге ғана жоғарылайды, бірақ осының өзі табиғи су тоғандарының экологиялық жағдайына елеулі әсер етеді. Бұл жылы суларды тікелей өзен немесе көл су тоғандарына тастауға болмайды. Оның нәтижесінде көк-жасыл балдылардың өсуі жоғарылайды, судың құрамындағы оттегінің мөлшері азаяды, жоғары температураға төзімсіз су жәндіктері қырылады және т.б. Яғни судың «жылулық ластануын» төмендететін әдістер қолдану қажет немесе жылы суларды өзендер мен көлдерге мүлдем тастамау қажет. Егер электрстанциясы қуатты өзеннің бойында орналасқан болса, онда жылулық ластануды төмендету үшін арнайы араластырғыш қондырғылар қолдану қажет, олар жылуды судың үлкен көлемінде үлестіреді және судың жылулық әсерді төмендетеді. Сонымен қатар су тоғанының тереңдігі бойынша температураның әр түрлі болатынын ескеруге болады немесе жылы суларды тоғандарға тастар алдында арнайы қондырғылармен бүркіп температурасын төмендетуге болады. Бұл әдістің нәтижесінде су қосымша оттегімен байытылатын болады. Бірақ бұл әдістердің барлығын тек қана қуатты су тоғандарының жағалауында орналастырылған ЖЭС-да қолдануға болады. Ал басқа жағдайларда жабық салқындатуды (тоғандар) немесе градирняларды қолдану қажет.

Жабық тоғанды салқындату жүйесін тек қана елді мекендерден алыста орналасқан ЖЭС-да қолдануға болады. Бұл әдісте бір-бірімен байланысқан тоғандар немесе көлдер жүйесі құрылады. Жылы сулар бір тоғаннан келесі тоғанға ағып салқындайды. Ал ең соңғы көлден су электрстанциясында салқындату үшін қолданылады. Бұл жүйеде салқындатылатын судың жылуы жылуды жақсы көретін балықтарды өсіруге, жылыжайларды жылытуға немесе басқа да пайдалы мақсаттарға қолданылуы мүмкін.

Бірақ бұл әдісті үлкен қалалар мен елді мекендерінді орналасқан ЖЭС-да қолдану мүмкін емес, себебі тоған-көл жүйесін құру үшін өте үлкен бос жерлер қажет. Бұл ЖЭС-да градирняларды қолданумен жабық салқындату жүйесі қолданылады. Градирнялар – ағаштан, темірден немесе темірбетоннан жасалған арнайы қондырғы, су оның жоғарғы жағынан беріліп қондырмалар арқылы өтіп градирняның астындағы бассейнде жиналады. Жылы су қарсы бағытта берілетін ауа ағынымен салқындатылады (негізінен судың буланууының нәтижесінде). Буланатын судың мөлшері турбиналардың конденсаторларында конденсацияланатын будың мөлшерінен аздау болады. Мысалы, жоғарыда қарастырылған ЖЭС-да конденсацияланытын будың мөлшері 10 000т/сағат болса, градирняларда жыл мезгіліне байланысты 6 500 – 8 000т/сағатты құрайды. Себебі жаз мезгілінде буланатын судың мөлшері көбірек болады.

Көптеген ЖЭС-да салқындату жүйесінің үрлеу сулары химиялық тазартуға жіберіледі, бұл кезде реагенттердің шығыны бір шама жоғарылағанымен конденсатордан кейін тасталатын судың жылуы қолданылады. Сонымен қатар, бұл сулардың табиғи су тоғандарына тасталатын көлемі де азаяды.

7.6 Гидрокүлшығару жүйелерінің ағызынды суларын тазарту

Күл мен шламды гидравликалық шығару жүйелері қатты отын қолданылатын ЖЭС-да ұйымдастырылады, ал мазутты қолдануда қолданылмайды. Бірақ мазуттың құрамында күкірттің мөлшері жоғары болса күлдің шығымы да көбейеді. Себебі күкіртті мазуттардың құрамында құрылымында метал атомдары болатын гетероциклді қосылыстар көп болады. Мазуттан пайда болған күл дегеніміз мұнай өңдеу процесінде жоғары қайнайтын фракцияларға айналған тұздардың тотығуы нәтижесінде пайда болған өнім. Күлдің құрамына ванадий, никель, натрий, кальций, алюминий, темір және т.б. тотықтары мен қосылыстары кіреді. Күл мен шламды гидравликалық шығару үшін шығындалатын судың мөлшері олардың массалық салмағынан шамамен 10 есе артық болады. Екібастұз көмірлерінің күлінің құрамында

жеңілеритін заттар болмайды, бірақ барлық көмірлердің құрамында фторидтер, ванадий, мышьяк, сынап, бериллий, германий және басқа да элементтер болады. Бұл сулардағы фтордың концентрациясы шамамен 50–70мг/дм^3, мышьяк пен ванадийдің әрқайсысының құрамы шамамен 0,5–1,0мг/дм^3 болады.

7.7 Жуынды суларды тазарту

Регенерациялық ауақыздырғыштар және жылытқыштардың бетін тазарту, мазутта жұмыс істейтін энергетикалық және сужылытатын қазандақтарды қақтардан тазарту барысында қышқылдармен, жүзгінді бөлшектермен, темір, никель, мыс және ванадиймен ластанған жуынды сулар пайда болады. Бұл сулардың құрамында уытты заттар болады, сондықтан оларды қайта қолдану немесе су тоғандарына тастау алдында міндетті түрде залалсыздандыру қажет. Ванадий мен никель қосылыстарының көп бөлігі қазандықтардың бетіндегі қақтардың құрамына енгенімен, қандай да бір бөлігі газдармен ұшып регенерациялық ауақыздырғыштарда (РАҚ) тұнады. Пайда болған болбыр іркілдек қақ пен түтінді газдың құрамындағы күл қондырғылардың бетіне тұнады. Осының нәтижесінде түтінді газдардың өтуі барысында РАҚ-дың кедергісі артады. Ауаның артық мөлшерін 2-3% төмендету күлдің түтін газдарымен ұшып кетуін 0,7 г/(м^2·сағ) дейін төмендетеді. Бірақ белгілі бір уақыт аралығында ауақыздырғыштардың қыздыру бетін тазартып тұру қажет. Сондықтан өндірістік жағдайда РАҚ-ды техникалық немесе сілтіліндірілген сумен жуып-шайып тұру қажет. Себебі қалдықтардың негізгі бөлігі, сонымен қатар ванадий және никель қосылыстары да, осы суларда жақсы ериді. Өндірістік жағдайда РАҚ-ды 15-20 тәуіліктен сайын жуып-шаю қажет. Жуып-шаю нәтижесінде қалдықтардың шамамен 80-85% суда жақсы ериді, ал қалған бөлігі суға іридисперсті қоспалар түрінде өтеді. Жуып-шаюдан кейінгі судың құрамы, г/дм^3: іридисперсті қоспалар – 0,5; бос H_2SO_4 – 4-5; темір – 7-8; ванадий – 0,3-0,8; никель – 0,1-0,15; мыс – 0,02-0,05; құрғақ қалдық – 32-45. Жуып-шаюдан кейінгі судың pH көрсеткіші 1,3-1,6 құрайды.

7.8 Мұнай өнімдерімен ластанған суларды тазарту

Мұнай өнімдерімен (мазут және майлар) ластанған ағызынды сулар барлық ЖЭС-да пайда болады. Мазутта жұмыс істейтін ЖЭС-да бұл сулардың мөлшері әлдеқайда көп болады.

Мұнай өнімдері су тоғандарына эмульсия, коллоидты және ерітілген түрінде тасталады. Олар су бетінде қабықша түзіп су тоғандарының аэрациялану шарттарын нашарлатады. Ауыр мұнай өнімдері судың астында қалдықтар түзеді де судағы жәндіктер мен өсімдіктерге зиянды әсер етеді. Мұнай өнімдері әлсіз тотығытын заттарға жатады. Мұнай өнімдерінің тотығуының нәтижесінде көмірқышқыл газы, су және аз мөлшерде күкірт тотықтары түзіледі.

Мұнай өнімдерімен ластанған ағызынды сулар мазут шаруашылығының суларынан, айдағыштарды салқындататын сулардан, мазут шаруашылығының конденсатынан, жөндеу жұмыстары кезінде пайда болған сулардан, электротехникалық қондырғылардың және көмекші қызметтердің (депо, компрессор және көлік шаруашылығының) ластанған суларынан тұрады. ЖЭС-ның суларын ластайтын мұнай өнімдерінің құрамына мазут, майлаушы және оқшаландыру майлары, керосин, бензин және т.б. кіреді. Ірі ЖЭС-дағы ағызынды сулардың жалпы шығыны 100м^3/жылдан аспайды, ал олардың құрамындағы мұнай өнімдерінің мөлшері шамамен 50 мг/кг-ды құрайды.

Мұнай өнімдерімен ластанған суларды тазартудың экономикалық тиімді тәсілдеріне тұндыру, флотация және сүзу жатады. Бұл үлгі бойынша тазарту нәтижесінде ағызынды сулардағы мұнай өнімдерінің мөлшері 100 мг/дм^3-тан 1 мг/дм^3-қа дейін төмендейді.

Ағызынды сулардан мұнай өнімдерін бөліп алу үшін қолданылатын тұндыру тәсілінің негізгі артықшылықтарына процестің емін-еркін жүруі, процестің үнемділігі және тұндыру қондырғыларын есептеу мен жобалаудың қарапайымдылығы жатады.

Ағызынды сулардағы дисперсті бөлшектердің флотациясы олардың суға батырылған гидрофобты бетке жабысу қабілетіне негізделген. Сұйықтықтың көлемінде пайда болған газ көбіктері мұнай өнімдерінің

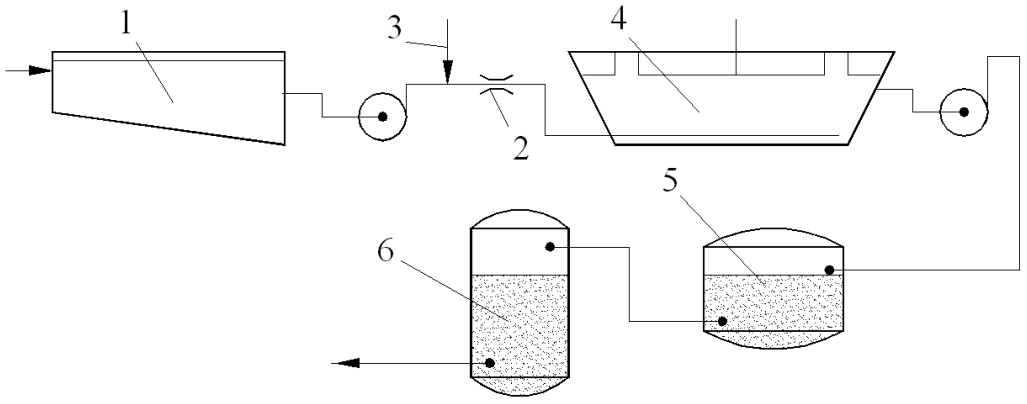
бөлшектерін ұстап алып оларды сұйықтықтың бетіне шығарады, содан кейін олар концентрат күйінде бөліп алынады. Қысымды флотация (4,0-4,5 кгс/см^2 қысымда) және коагуляция процестерінің нәтижесінде суды тазартудың орташа нәтижелілігі шамамен 88% құрайды.

Ағызынды суларды тазартудың соңғы сатысында сүзу процесі жүргізіледі. Бұл тәсіл көп жағдайда суды толығырақ тазарту үшін қолданылады. Егер де ағызынды сулардағы мұнай өнімдерінің концентрациясы 10-20 мг/дм^3-тан аспаса, онда сүзу тәсілі негізгі саты ретінде қолданылады. Мұнай өнімдерімен ластанған ағызынды суларды сүзу тәсілімен тазарту мұнай өнімдерінің эмульсияланған тамшыларының сүзуші материалдың бетіне жабысуына (адгезиясына) негізделген. Жалпы алғанда сүзу процесінің негізгі технологиялық параметрлеріне кеуекті және сүзуші ортаның қасиеттері, процестің гидродинамикалық ережесі және температура жатады.

Мұнай өнімдерімен ластанған суларды көпсатылы тазарту қондырғысының сызба-нұсқасы 7.2-ші суретте көрсетілген. Мұнай өнімдерімен ластанған ағызынды сулар орташаландыратын бактарда (1) жиналады. Бұд жерде ірідисперсті және тұнатын бөлшектер (құм, коррозия өнімдері және т.б.) тұндырылады. Қалқып шыққан мұнай өнімдерін бактың бетінде орналасқан үріңке арқылы бөліп алады, ал тұндырылған бөлщектер бактың төменгі жағынан шығарылады. Мұнайұстағыштардан кейін шығарылатын ағызынды суларға реагенттерді өлшеп салатын құрылғы (3) арқылы арнайы реагенттер (күкіртқышқылды алюминия мен сілті) қосады. Реакция нәтижесінде мұнай өнімдерін жақсы ұстап қалатын тұнба ($A1(OH)_3$) түзіледі. Аппараттағы су 6 кгс/см^2 қысымда эжектордың (2) көмегімен ауамен қанықтырылады. Ауамен қанықтырылған су флотаторға (4) беріледі, бұл қондырғыда ауа көбіктерінің әсерінен тұнба «қайнап» шығады. Алюминий гидроксиді мен мұнай өнімдерінен тұратын көбік аппараттың жоғары жағынан шығарылады. Содан кейін су екі сатылы сүзуге беріледі. Бірінші сатыда механикалық антрацитті сүзгілер (5), ал екінші сатыды белсендендірілген көмірлі сүзгілер (6) қолданылады. Ластанған сүзгілер ыстық сумен

жуылады, ал жуынды сулар орташаландыратын бактарға қайтарылады. Орташаландыратын бактарда мұнайөнімдерінің 30%, флотаторда 30–40%, ал қалған бөлігі механикалық және сіңіргіш сүзгілерде ұсталады.

Мұнай өнімдерінің сіңірілу сыйымдылығына байланысты өнеркәсіпте өндірілетін белсендендірілген көмірлердің маркалары, г/г: АГ-5 - 0,15; АГ-З - 0,08; АП-З - 0,06; БАУ - 0,04. Бұл жерден белсендендірілген көмірлердің АГ-5 маркасының сіңірілу сыйымдылығы жоғары екендігін көруге болады. Белсендендірілген көмірлердің тапшылығын және қымбаттылығын ескере отырып басқа да сорбенттерді іздестіру жұмыстары жүргізілуде. Қазіргі кезде белсендендірілген көмірдің орнына С-верад маркалы биоабсорбент қолданылуда. Ол сіңіру сыйымдылығы бойынша белсендендірілген көмірге жақын және бағасы бірнеше есе арзан. С-верад сорбентінің құрамындағы бактериялар мұнай өнімдерін белсенді ылайға айналдырады, сондықтан белгілі уақыт аралығында адсорбентте мұнай қалмайды, яғни қалдықтар да болмайды.



7.2 сурет. Мұнай өнімдерімен ластанған суларды көпсатылы тазарту қондырғысының сызба-нұсқасы:
1 – орташаландыратын бак; 2 – суды ауамен қанықтыратын эжектор; 3 – реагенттерді өлшеп салатын құрылғы; 4 – флотатор; 5 – механикалық сүзгі; 6 – белсендендірілген көмірлі сіңіргіш сүзгі.

Реагентті флотацияны қолдану кезінде қондырғылар қосымша реагенттермен (коагулянттармен) қамтамасыз етіледі. Коагулянттар флотациялық тұндырғыштардың алдында беріледі. Бөленген мұнай өнімдері мен тұнба арнайы бактарда жиналады, содан кейін

залалсыздандырылуға (жағу, көміп тастау) жіберіледі. Бұл тәсілдің нәтижелілігі төмен болғандықтан өте сирек қолданылады.

7.9 Бақылау сұрақтары

1) Су дайындау және оның қоршаған ортаға әсері.
2) ЖЭС мен қазандықтардың ағызынды сулары.
3) Химиялық тазарту нәтижесінде пайда болған ағызынды суларды тазарту тәсілдері.
4) Қондырғыларды жуу және тоқтатып қоюдан кейінгі жуынды ерітінділерді тазарту.
5) Жылы ағызынды суларды тазарту ерекшеліктері.
6) Жылулық қондырғыларды химиялық тазарту және тоқтатып қою нәтижесінде пайда болған ағызынды сулар тазарту.
7) Гидрокүлшығару нәтижесінде пайда болған ағызынды суларды тазарту.
8) Жуынды сулар, олардың пайда болуы, құрамы, зиянды әсері және тазарту тәсілдері.
9) Мұнай өнімдерімен ластанған ағызынды суларды тазарту тәсілдері.
10) Мұнай өнімдерімен ластанған суларды көпсатылы тазарту қондырғысының сызба-нұсқасы мен сипаттамасы.

ҚОРЫТЫНДЫ

«Су дайындаудың физика-химиялық тәсілдері» атты оқу құралының құрамына жылуэнергетикасында судың маңызы мен қолданылуы; табиғи және технологиялық сулардың негізгі сапалық көрсеткіштері; жалпы сипаттамасы, жылуэнергетикалық өнеркәсіптерде судың сапасына қойылатын талаптар; су дайындаудың негізгі физика-химиялық тәсілдері, атап айтқанда суды алдын-ала тазарту тәсілдері (коагуляция, ізбестеу, әк-содалы, сүзу); суды тұзсыздандыру тәсілдері (ионалмасу технологиясы, Na-катиондау, H-катиондау, аниондау процестері, мембраналық, кері осмос, электродиализ, термиялық тәсілдер); суды еріген газдардың пайда болуы және олардан тазарту әдістері; суды тұрақтандыру мақсатымен өңдеу тәсілдері (үрлеу, қышқылдау, фосфаттау, рекарбонизациялау, комплексондармен өңдеу, салқындату және айналмалы жүйелерде биологиялық қалдықтарды болдырмау тәсілдері); жылу желілеріндегі су дайындау тәсілдері (суды қаққа қарсы магниттік өңдеу, жабық жылу желелеріндегі, ыстық сумен және жылумен қамтамасыз ету жүйелеріндегі су дайындау тәсілдері); ЖЭС мен қазандықтардың жұмыс нәтижесінде пайда болатын ағызынды сулардың сипаттамасы және оларды тазарту мен залалсыздандыру тәсілдері туралы мәліметтер, су дайындауда қолданылатын негізгі қондырғылардың құрылысы, жұмыс істеу принципі және есептеу әдістері енгізілген.

Жылуэнергетикасында жұмыс істейтін мамандар ЖЭС мен қазандықтардағы су дайындау технологиясы мен су-химиялық ережені қамтамасыз ету шарттарын білуі қажет. Қазіргі кезде ЖЭС мен қазандықтарының жұмыс нәтижесінде пайда болатын ағызынды сулардың қоршаған ортаға, адам ағзасына зиянды әсерінің жоғарылауы су дайындау технологияларын және су-химиялық ережені әрдайым жетілдіру қажеттілігіне күмән келтірмейді. Яғни болашақ мамандардың теориялық және практикалық білімдерінің техникалық деңгейін арттыру қажет. «Су дайындаудың физика-химиялық тәсілдері» атты оқу құралы осы мақсатты жүзеге асыру үшін құрастырылып әзірленген.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов. – М.: Издательство МЭИ, 2003. -310с.
2. Л.И. Пугач. Энергетика и экология. – Новосибирск, НГТУ, 2003. - 504с.
3. Кишневский В.А. Современные методы обработки воды в энергетике: Учебное пособие для вузов. – Одесса: ОГНУ, 1999. -257с.
4. Глазырин А., Музыка Л., Қабдуәлиев М. Жылу электр станциялары мен өнеркәсіп орындарына су дайындау. – Алматы: Республикалық баспа кабинеті, 1997. -150б.
5. Стерман Л.С., Покровский В.Н. Физические и химические методы обработки воды на ТЭС: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 328с.
6. Белан Ф.И. Водоподготовка: Расчеты, примеры, задачи. –М.: Энергия, 1980. – 256б.
7. Молдабеков Ш.М., Жанмолдаева Ж.К., Қартбаев С.Қ., Закиева К.З., Қабылбекова Б.Н. Химиялық технологияныя негіздері: Оқулық. – Шымкент: М.О. Әуезов ат. ОҚМУ, 2001. –259б.
8. Бишімбаев У.К., Нарманова Р.Ә., Еспенбетова Ш.О. Химиялық технологияның негіздері: Жоғары оқу орындарының студенттеріне арналған оқулық. – Алматы: Кітап баспасы, 2006.-296б.
9. Жанмолдаева Ж.К. Химиялық технологияның теориялық негіздері. Оқу құралы.- Шымкент: М.О.Әуезов ат.ОҚМУ, 2013.-208б.
10. Александров А.А., Григорьев Б.А. Таблица теплофизических свойств воды и водяного пара.-М.: МЭИ, 2006. -108с.

Джанмулдаева Жаныл Кемаладиновна

«Су дайындаудың физика-химиялық тәсілдері»

Оқу құралы

Оқудың барлық түрлері бойынша

5В071700 - Жылуэнергетика мамандығының студенттеріне арналған

Баспаға 2015ж. қол қойылды:
Қағаз форматы Х Ү 1/16
Типографиялық қағаз. Офсеттік баспа. Көлемі 6,5 б.т.
Таралымы 100 дана. Тапсырыс №

© М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, 2015ж.
М.Әуезов атындағы ОҚМУ баспа орталығы, Шымкент қ., Тауке хан даңғылы,5.