Г.Х.Керейбаева

ТАБИҒИ ЖӘНЕ АҒЫНДЫ СУЛАРДЫ ТАЗАРТУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ НЕГІЗДЕРІ

Алматы 2008

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті

Г.Х.Керейбаева

ТАБИҒИ ЖӘНЕ АҒЫНДЫ СУЛАРДЫ ТАЗАРТУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ НЕГІЗДЕРІ

Республикалық оқу-әдістемелік бірлестігі оқу құралы ретінде ұсынған

Алматы 2008

ЖОҚ 628. 3(075)
ББR 26. 22 я 73

К 32 Керейбаева Г.Х. Табиғи және ағынды суларды тазарту технологиясының негіздері: Оқу құралы. – Алматы: ҚазҰТУ, 2008. – 150 бет.

ISBN 978–601–228–007–4

Оқу құралы «Табиғи және ағынды суларды тазарту технологиясының негіздері» пәнінің типтік және курстік бағдарламасына сәйкес жазылған.

Оқу құралында табиғи және ағынды суларды тазартудың қазіргі заманғы әдістері мен негізгі технологиялық сызбанұсқалары, қондырғылары кеңінен қамтылған, графикалық материалдармен, есептеулермен толықтырылған.

Бірінші бөлімде судың физикалық және химиялық қасиеттері, суды тұтыну және суды пайдалану, тұтынушылардың суға қоятын талаптары қарастырылған, сумен жабдықтау көздері сипатталған.

Екінші бөлімде табиғи сулардың құрамы, сапасының көрсеткіштері берілген. Табиғи сулардың сапасын жақсартудың негізгі әдістері мен технологиялық сызбанұсқалары қамтылған.

Үшінші бөлімде ағынды сулардың түзілу ерекшеліктері, тазарту әдістері және қолданылатын қондырғылардың жұмыс істеу принциптері, есептеулері қарастырылған.

Оқу құралы «050608 – экология» мамандығының студенттеріне арналған, сондай-ақ магистранттарға және жоғары оқу орындарында сабақ беретін оқытушыларға пайдалы болуы мүмкін.

Сурет – 45 . Кесте – 17 . Әдебиеттер тізімі – 20 атау.

ББК 26. 22 я 73

Пікір жазғандар: *Б.Б.Утепов* – Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ, «Еңбек және тіршілік қауіпсіздігі» каф. меңгерушісі, тех. ғыл. докторы, проф.;
М.Қ.Алдабергенов – Аль-Фараби атындағы ҚазҰУ, «Физикалық химия және электрохимия» каф. меңгерушісі, хим. ғыл. докторы, проф.;
У.Ж.Жүсіпбеков – Ә.Б.Бектұров атындағы химия ғылымдары институты, «Минералды тыңайтқыштар және тұздар» лаб. меңгерушісі, тех. ғыл. докторы, проф.

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің 2008 жылғы жоспары бойынша басылады.

ISBN 978–601–228–007–4

© Г.Х.Керейбаева
© ҚазҰТУ, 2008

АЛҒЫ СӨЗ

Адамдардың пайдалануының нәтижесінде су өзінің қасиеттерін өзгертіп, кейде санитарлық жағынан қауіпті болып табылады. Қалалардың және өндірістің дамуымен байланысты адамдардың шаруашылық іс-әрекетінің нәтижесінде таза сумен жабдықтау, ластанған суларды шығару, тазарту проблемалары туындады.

Қазіргі кезде ауыз судың табиғи шикізат ретіндегі маңызы өсуде. Тұрмыста, өнеркәсіпте және басқа да мақсаттарға қолдану нәтижесінде су әртүрлі минералды және органикалық заттармен ластанады. Осындай ластанған сулар ағынды сулар деп аталады. Шығу тегіне байланысты ағынды сулардың құрамында улы заттар және әр түрлі жұқпалы аурулардың қоздырғыштары болуы мүмкін.

Ауыз су тапшылығы, су көздері суларының сапасының төмендеуі және ағынды сулар адам денсаулығына және жалпы қоршаған ортаға үлкен қауіп төндіріп отыр. Үш түрлі жайды ешқашан ұмытпаған жөн: су адам тіршілігінің ең қажетті шарты; суды алмастыратын заттар жоқ; жер бетіндегі су қоры шексіз емес.

Өндірістік ағынды суларды су қоймаларына төгуді азайтудың тиімді жолдарының бірі сумен жабдықтаудың тұйық жүйесін құру, яғни тазартпастан, немесе біраз тазартып өндірісте бірнеше мәрте қайтадан пайдалану. Сумен жабдықтаудың осындай тұйық жүйесіне түсетін немесе су қоймасына төгілетін өндірістік ағынды сулар механикалық, физика-химиялық, биологиялық және термиялық әдістермен қажетті сапаға дейін тазартылады.

Ауыз суды дайындау және ағынды суларды тазартудың тиімділігі жоғары әдістерін таңдау және жасау инженер-экологтар шешетін күрделі мәселе болып табылады.

Берілген оқу құралында табиғи және ағынды суларды тазарту технологиясы туралы теориялық және практикалық материалдар бір жүйеге келтіріліп, жан-жақты қарастырылған. Автор осы оқу құралы болашақ инженер-эколог мамандар үшін өте пайдалы болады деп үміттенеді.

Автор

1 – БӨЛІМ

СУ – ТІРШІЛІК КӨЗІ

1.1 Су және оның өмірдің дамуындағы ролі

Су – Жер бетіндегі маңызды заттардың бірі. Жерді шындығына келгенде – су планетасы деп айтуымызға болады. Су жер бетінің ¾ бөлігін алады, бетінде бұлт болып қалқып жүреді, құрғақты тіршілік ылғалымен толтырады. Судың біздің планетамызда тіршілік көзі болуына мүмкіндік беретін ерекше қасиеттері бар. Саны жағынан тірі материяның ең кең тараған бейорганикалық құраушысы. Адам денесінің – 63 %, саңырауқұлақтардың – 80 %, кейбір медузалардың – 98 % судан тұрады. Жердегі барлық негізгі экожүйелердің тұрақтылығы ауыз судың жеткіліктілігіне байланысты. Сусыз тіршілік болуы мүмкін емес.

Су табиғатта үнемі айналымда болады – үнемі жұмсалады және оның орны қайтадан толтырылады.

Кейбір геологтардың пікірлері бойынша, планетамызда судың түзілуі 250-300 млн. жыл бұрын, жердің бетін түгелдей бір ғана континент алып жатқан кезде басталған. Алғашында «салқын» Жер уақыт өткен сайын ішкі термоядролық процестердің есебінен жылынып, нәтижесінде вулкандар атқылап, лава түзілген. Ыстық лавамен бірге Жер бетінде су буы түзіле бастады. Жиірек бұл бу салқындап, суға айналып мұхиттарға жиналған, ал бір бөлігі жер атмосферасының түзілуіне қатысты. Планетаның ыстық мантиясы салқындауы нәтижесінде сутек пен оттек арасында белсенді реакция жүріп, одан соң планета айналасында газ жамылғысын жасап, су буы түзілді. Жамылғының құрамына үнемі жер қыртысының саңылауларынан бөлініп шығатын газдар да кірді. Атмосферадағы су буы салқындаған сайын, бүкіл планета бетіне таралған қалың бұлт түзді. Осы бұлттардан түскен жауын-шашын, уақыт өткен сайын Жердің бүкіл бетін жапқан, тайызырақ, бірінші мұхиттың (панталастардың) түзілуіне әкелді. Құрғақ жер тектоникалық процестердің нәтижесінде кейінірек пайда болды [1].

Сондай-ақ, осы гипотезаны қолдаушылар уақыттың геологиялық масштабында мұхиттар мен құрғақтың арасында динамикалық тепе-теңдік бар деп есептейді. Бұл кезде Дүние жүзілік мұхит әлі болмаған, тұтас континент жеке бөліктерге бөлінген кезде ғана пайда болды. Дүние жүзілік мұхиттың суы шамамен мезозойда бөлініп шыққан, яғни мұхиттар екінші реттік түзілім болып есептеледі. Мұхит түзілу

процесі қазір де жалғасуда – материк пен мұхит арасындағы тепе-теңдік тұрақсыз болғандықтан, мұхит тереңдеп құрлыққа қарай кеңеюде.

Судың планетадағы негізгі ролі оның физикалық қасиеттеріне байланысты. Мысалы, жылу сыйымдылығы үлкен, мұздың суда батпайтын қасиеті және т.б.

Барлық климаттық өзгерістер гидросферадағы процестерге байланысты, сондықтан гидросфераны байқау, ғалымдарға планетадағы табиғи, сондай-ақ антропогенді факторлардың әсерінен ғаламдық және аймақтық климатта болатын өзгерістерді бағалауға мүмкіндік беретін қор болып табылады. Ауыз судың негізгі бөлігі үнемі қар жамылып жатқан мұздықтарда (68,0 %), ең көп бөлігі Антарктидада (61,7 %). Ауыз судың біраз бөлігі (30,1 %) жер қыртысында және жер асты мұз жыныстарында (0,86 %) орналасқан. Өзен суларындағы ауыз су барлығы 0,006 %, ал атмосферада шамамен он есе көп (0,04 %).

Қазіргі кезде табиғи сулардың ластану салдарын жою және тазалығын сақтау мәселелері ерекше маңызды болып отыр. Соңғы кезде атмосферадағы сулар да ластануда. Қазір атмосфералық жауын-шашындар бұрынғыдай таза емес. Олар атмосфераға завод, фабрикалардың мұржаларынан бөлініп шыққан өндіріс қалдықтарының жерге түсуіне мүмкіндік беріп, құрғақ гидросферасының табиғи суларының «екінші реттік» ластануына әкеледі.

Адам өзінің қажеттеріне пайдаланатын ауыз судың үлесі жер шарының су ресурстарының аз бөлігін құрайды. XX ғасырдың ортасына дейін ең дамыған елдердің өзінде ауыз су жеткілікті болып келді. Ауыз су таусылмайтын табиғат байлығы болып көрінетін. Бұл судың айналым процесі нәтижесінде қысқа уақыт ішінде үнемі қалпына келіп отыратын тағы да бір ерекше қасиетіне байланысты болды. Табиғаттағы су айналымы, біздің планетамызда күн энергиясы, атмосфера мен гидросфера бар, ал жер беті континенттер мен мұхиттарға бөлініп тұрған кезде тоқтамайтын үздіксіз процесс. Алайда техникалық прогресс қысқа уақыт ішінде айналымдағы су сапасын өзгертіп, ғасырлар бойы қалыптасып келген табиғи гидрогеологиялық айналымды бұзды. Бұл бүгінгі күні «су кризисі» мәселесінің тууына әкелді, мөлшері қалпына келеді, бірақ ластанған сулар.

1.2 Судың физикалық және химиялық қасиеттері

Басқа химиялық элементтермен салыстырғанда, судың көптеген физикалық қасиеттерінде ерекше ауытқулар бар – тығыздығы, меншікті жылу сыйымдылығы, жұққырлығы, беттік керілуі және т.б.

Электр зарядтарының су молекуласында ассимметриялық таралуы, оған анық байқалатын полярлық қасиет береді. Сұйық күйіндегі судың молекулалық массасын өлшеу, оның газ күйіндегісінен артық екендігін көрсетті. Қалыпты температура мен қысымда судың үш түрлі агрегаттық күйде – сұйық, қатты (мұз) және газ (бу) түрінде болуы да оның уникальды қасиеттерінің бірі болып табылады.

Су температурасының өсуі екі түрлі әсер етеді: тұрақты структурасын бұзады және жылулық кеңеюге әкеледі. Температура 0^0С және 4^0С аралығында (мұздың балқуы) сутек байланысының бір бөлігі ыдырайды, яғни мұз структурасы бұзылады. Бұл кезде мұз тәрізді агрегаттың (клатраттардың) бос жерлеріне жекелеген молекулалардың орналасуынан, молекулалардың тығыз жиынтығы пайда болады. Температураның осы интервалында судың тығыздығы артады, $3{,}98^0$С кезінде ең үлкен мәніне жетеді. Суды ары қарай 100^0С дейін жылыту, тығыздықтың төмендеуі арқылы жүреді. Бұл аномалия қысқы уақытта қататын су қоймаларында тіршілікке мүмкіндік береді. Мұз судан жеңіл болғандықтан (тығыздығы судың тығыздығынан кіші), судың бетінде орналасып, судың төменгі қабатын қатып қалудан қорғайды. Температура одан әрі төмендеген сайын мұздың қалыңдығы өседі, бірақ мұз астындағы судың температурасы $+4^0$С деңгейінде сақталады, бұл су организмдерінің тіршілігін сақтауға мүмкіндік береді.

Табиғат өмірінде судың аномальды жоғары жылу сыйымдылығы да – 4,18 Дж/моль, маңызды роль атқарады. Судың жоғары жылу сыйымдылығы жылудың бір бөлігі сутек байланысын үзуге жұмсалатындығына негізделген. Табиғи жағдайда су баяу жылынады және баяу салқындайды, Жер температурасын реттеуші болып табылады.

Судың жұққырлығы (қозғалыстың әр түрлеріне кедергі келтіру мүмкіндігі) температураға байланысты заңды өзгереді: температура өскен сайын азаяды. Судағы тұздардың концентрациясы артқан сайын, жұққырлық азаяды. Сонымен қатар қысымның жұққыштыққа әсерінің өз ерекшеліктері бар: температура төмендеген сайын жеткілікті қысымда судың жұққырлығы көбеюдің орнына азаяды, ал қысымды аздап өсірсек, судың тәртібі жалпы ережелерге бағынады.

Судың салыстырмалы диэлектрлік тұрақтылығы – 81, судың үлкен иондағыш күші осыған негізделген.

Судың беттік керілуі ең үлкен (сынаптан кіші), бұл өсімдіктер шырынының, адам мен жануарлар тамырларындағы қанның

қозғалысына мүмкіндік береді. Температура жоғарылаған сайын судың беттік керілуі азаяды.

Судың оптикалық қасиеттері оның мөлдірлігімен бағаланады, бұл су арқылы өтетін сәуле толқындарының ұзындығына байланысты. Ультракүлгін сәулелер су арқылы оңай өтеді, сондықтан су организмдерінің су қоймаларының түбіне дейін тіршілік етуге қабілеттері бар, инфрақызыл сәулелер су арқылы аз дәрежеде өтеді. Көрінетін жарықтың сарғыш және қызыл компоненттерін сіңіруінен, су көгілдір түске ие болады.

Химиялық таза су электр тогын өте нашар өткізеді, бірақ аздаған болса да электр өткізгіштігі бар, себебі, өте аз дәрежеде сутек және гидроксил иондарына диссоциацияға түсетін қабілеті бар:

$$H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^- . \qquad (1.1)$$

Таза судың электр өткізгіштігі шамасы бойынша, 18^0C температурада 10 млн. л суда диссоциацияланған күйде – судың 0,86 молі, ал 22^0C – 1 молі, 25^0C – 1,109 молі болатындығы есептелінген. Гульберг және Вааге заңы бойынша химиялық реакцияның жылдамдығы әрекеттесуші заттардың концентрациясына тура пропорционал. Сондықтан төмендегі түрде жазуға болады:

$$V_1 = K_1[H_2O];\ V_2 = K_2[H^+][OH^-] , \qquad (1.2)$$

мұнда V_1 және V_2 – тура және кері реакцияның жылдамдықтары; K_1 және K_2 – жылдамдық арқылы берілген пропорционалдық коэффициенттері, реакцияның константасы деп аталады.

Процестің тепе-теңдігі кезінде V_1 және V_2 жылдамдықтары бір-біріне тең, сондықтан:

$$[H^+][OH^-]/[H_2O] = K_1/K_2 = K', \qquad (1.3)$$

мұнда K' – берілген температурадағы реакцияның тепе-теңдігі константасы немесе судың диссоциациялану константасы. (1.3)-теңдеуді былайша жазуға болады:

$$[H^+][OH^-] = K' [H_2O]. \qquad (1.4)$$

Судың диссоциациялану дәрежесі өте аз болғандықтан, диссоциацияланбаған су молекулаларының концентрациясы судың жалпы концентрациясына тең, яғни 55,55 моль/л, сондықтан $K' [H_2O]$

көбейтіндісін тұрақты деп есептейміз. Бұл константаны K_W деп белгілейміз және судың иондық көбейтіндісі деп атаймыз:

$$K_W = [H^+][OH^-].$$

Су және сұйытылған су ерітінділері үшін сутек және гидроксил иондарының концентрацияларының көбейтіндісі тұрақты температура кезінде тұрақты шама. Судың иондық көбейтіндісінің 22^0C температурадағы сандық мәні – 10^{-14} тең.

Су – көптеген химиялық реакциялардың катализаторы. Кейбір тұздармен әрекеттесіп, су алмасып ыдырау процесін – гидролизді тудырады. Су – тірі организмдердегі көптеген биохимиялық процестерге қатысады және осы процестер жүретін орта.

Су молекуласының түзілу энергиясы жоғары, 242 кДж/моль тең. Бұл судың табиғи жағдайда тұрақтылығын түсіндіреді. Тұрақтылығы, электрлік сипаттамалары және молекулалық құрылысы бірге қосылып суға көптеген заттар үшін универсальды еріткіш қасиетін береді. Судың жоғары диэлектрлік өткізгіштігі оған полярлық молекулалы заттарды, ең жақсы еріту қабілетін береді. Бейорганикалық заттардың көпшілігі – көптеген тұздар, қышқылдар мен негіздер суда жақсы ериді. Органикалық заттардың кейбірі ғана – полярлық топтар молекуланың негізгі бөлігін құрайтындар – көптеген аминдер, органикалық қышқылдар және т.б. ериді.

Заттардың суда еруі олардың молекулаларының немесе иондарының және су молекуларының арасында әлсіз байланыс түзілуімен жүреді. Бұл құбылыс гидротация деп аталады.

Қатты заттардың суда ерігіштігі олардың табиғатына және температураға байланысты үлкен аралықта өзгереді. Температураның жоғарылауы көптеген жағдайда тұздардың ерігіштігін арттырады. Алайда кейбір қосылыстардың – $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, $Ca(OH)_2$ ерігіштігі температура өсуімен төмендейді.

Біреуі су болып табылатын, сұйықтардың бір бірінде еруі кезінде әр түрлі жағдайлар болуы мүмкін. Мысалы, су мен спирт кез келген қатынаста араласа алады, себебі екеуі де полярлы заттар. Бензин (полярлы емес сұйық) суда мүлдем ерімейді. Шектелген өзара еру ең кең тараған жағдай болып табылады. Мысал ретінде мына жүйелерді – су – эфир, су – фенолды қарастыруға болады. Жылытқан кезде кейбір сұйықтың ерігіштігі өседі, кейбірінің ерігіштігі азаяды. Мысалы, су – фенол жүйесі үшін 68^0C жоғары температурада шексіз өзара ерігіштік пайда болады.

Газдар (мысалы, NH_3, CO_2, SO_2) сумен химиялық реакцияға түскен кезде суда жақсы ериді, әдетте газдардың ерігіштігі үлкен емес. Температура жоғарылауымен газдардың ерігіштігі азаяды. Төмендегі кестеде су қоймаларындағы және су тазартатын барлық қондырғылардағы биологиялық процестердің негізгі элементі – оттегінің (атмосфералық қысымдағы) судағы ерігіштігі мәндері келтірілген.

1- кесте

Қалыпты қысым кезінде оттегінің ерігіштігінің температураға тәуелділігі

Көрсеткіштер	Оттегінің ерігіштігінің температураға тәуелділігі			
Температура, ^0C	0	10	20	30
Оттегінің концентрациясы, мг/л	14,62	11,33	9,17	7,63

Оттегінің судағы ерігіштігі азоттың ерігіштігінен 2 есе артықтығын атап өткен жөн. Сондықтан су қоймаларындағы және су тазарту қондырғыларындағы ауаның құрамы атмосфералық ауаның құрамынан өзгеше. Еріген ауа оттегіне бай, бұл суда тіршілік ететін барлық организмдер үшін өте маңызды.

1.3 Қазақстан Республикасының су ресурстары

Қазақстан Республикасының Су кодексіне сәйкес, еліміздегі су қорларын өзендер, көлдер, мұздықтар, жер асты сулары және су қоймалары құрайды. Өзендердің жалпы су ресурстары орташа есеппен жылына 100,5 км^3 құрайды, оның 56,5 км^3 республика территориясында түзіледі, ал қалған 44,0 км^3 көршілес мемлекеттерден түседі. Республика территориясында ұзындығы 10 км асатын 8 мыңнан астам өзендер бар. Олардың ішіндегі ірілері – Ертіс, Жайық, Сырдария, Іле еліміздің шеткі аймақтарын басып өтеді. Ертіс, Есіл, Тобыл өзендерінің су деңгейі төмен, көктемде ғана жайылып ағады.

Егістіктер мен шабындықтарды суландыру, өнеркәсіпті және тұрмыстық қажетті сумен қамтамасыз ету үшін салынған каналдар да бар.

Қазақстанда көлемі 1 га-дан асатын 48262 көл бар. Олардың орташа тереңдігі 1 – 8 км аралығында болғанымен, кейбіреулері одан да терең. Көлдердің ең үлкені – Балқаш, ауданы 18,2 мың км^2, тереңдігі 27 м. Балқаш көліне Іле, Қаратал, Ақсу Лепсі, Аякөз, Тақырауын, Мойынты өзендері құяды.

Қазақстанда көптеген су қоймалары бар. Су қоймалары негізінен өнеркәсіп орталықтарын су және электр қуатымен қамтамасыз ету,

маңайдағы жерлерді суландыру үшін салынған. Олардың ішіндегі ірілері Ертістегі Бұқтырма су қоймасы, тереңдігі 11 км, ені 35 км, ұзындығы 600 км, Қапшағай су қоймасы, тереңдігі 15 – 45 км, ені 22 км, ұзындығы 180 км, Шардара, Тобылдағы Қаратомыр, Нұрадағы Теміртау, Есілдегі Сергеев, Бөгендегі Бөген су қоймалары.

Қазақстанда екі теңіз бар. Арал теңізі ұзындығы 428 км, ені 235 км, ең терең жері 67 м болатын. Қазір теңізге құйылатын өзен суы 75 км^3 42 км^3 дейін азайған. Соңғы отыз жылда Аралдың деңгейі 14,7 метрге дейін төмендеп кетті. Өнімді көп беретін, суы саяз, балықтар уылдырық шашатын шығыс және оңтүстік жағалауы құрғап, істен шыққан соң, теңіз экожүйесіне үлкен нұқсан келуде.

Каспий теңізі – Қазақстандағы және әлемдегі ең ірі тұзды көл. Жалпы ауданы 400 мың км^2 құрайды.Теңіздегі судың деңгейі Дүние жүзілік мұхиттың деңгейінен 28 км-ге төмен. Қазіргі кезде су деңгейі 1 метрге көтеріліп, жағалауды су басып кетуіне әкелді.

Қазақстанның жер асты суларының маңызы зор. Жер асты сулары еліміздің барлық аймақтарынан табылады. Олардың жылдық қоры шамамен 41,71 км^3. Қазіргі кезде осы жер асты суының 15 пайызға жуығын шаруашылықта пайдаланады. Жер асты суларының ішінде әртүрлі ауруларды емдеуге жарайтын шипалы сулар да аз емес. Алма-Арасан, Қапал-Арасан, Сарыағаш, Жаркент-Арасан және т.б. курорттар жер асты суларын пайдаланады. Соңғы жылдары әсері күшті радиоактивті, көмірсутек, темірлі, азотты, сілтілі және т.б. шипалы сулар табылды.

Өкінішке орай, Қазақстандағы жер асты сулары орынсыз жұмсалып, төгіліп, елге пайдасыз болып жатқан жайлар да аз емес. Өзінен ағатын скважиналар жабылмай, су сай-салаға ағып, ысырап болып жатыр.

Көптеген елдерде тұщы су жеткіліксіз. 1973 жылы Қазақстанның Ақтау қаласында тәулігіне 100 мың м^3 теңіз суын тұщытатын қондырғы салынды. Теңіз суындағы балдыр исін кетіру үшін активті көмірден өткізеді де, тазарту үшін мәрмәр ұнтағынан тұратын сүзгіден өткізіп және минералды су қосады. Тиісті өңдеуден өткен соң судың исі кетіп, тазарып, ішуге жарамды болады.

Шаруашылыққа қолданылатын су ресурстарының көлемі барлығы 46 км^3, себебі, судың негізгі бөлігі экологиялық, балық шаруашылығы, транспорт және энергетикалық қажеттерге жұмсалады. Қазақстанның әр түрлі жылдардағы экономика қажеттіліктеріне жұмсалған су ресурстарының көлемін салыстырғанда, жекелеген аймақтар, сондай-ақ бүкіл республика бойынша су тапшылығы барлығын көрсетеді. Су ресурстары тапшылығының себебі, жер үсті

суларының республика территориясында біркелкі таралмағандығы, өзен ағыстарының жылдар және маусым бойынша өзгеріп тұруы сияқты табиғи факторлардың әсерінен, сондай-ақ көршілес мемлекеттердің трансшекаралық өзендердің суларының негізгі көлемін қолдануынан, жер суаруға қайтымсыз қолданудан және судың жойылуынан болады. Сонымен қатар су сапасының төмендігі оны шаруашылық мақсаттарына пайдалануға мүмкіндік бермейді.

1.4 Су ресурстарының ластану көздері және оларды ластанудан, сарқылудан қорғау

Су ресурстарының ластануы және сарқылуы бүгінгі күннің өзекті мәселелерінің бірі болып отыр. Қазіргі кезде әлемде су тапшылығы сезілуде. Су пайдалану мөлшерінің өсуіне сәйкес ластанған (ағынды) сулардың көлемі ұлғая түсуде. Ағынды суларды сыртқа шығару, оны тазартып қайта пайдалану үлкен мәселеге айналып отыр. Әсіресе өндірістік ағынды сулар ерекше проблема тудырып отыр. Кез келген, тіпті әбден жетілдірілген тазарту процестерінен кейін тұрақты ластаушы заттардың 10–20 пайызы тазармай қалатындығы белгілі.

Өндірістік қалаларда сода, күкірт қышқылы, азотты тыңайтқыштар, әр түрлі металдардың тұздары және басқа да минералды қалдықтар көп. Ауыл шаруашылығында пайдаланылатын минералды тыңайтқыштар, пестицидтер көп және басқа да органикалық заттардың көптігінен зиян шегуде. Олар жауын, қар суларымен өзендерге, көлдерге және жер асты суларына қосылып жатады. Өндірістің, ауыл шаруашылығының және басқа да кәсіпорындардың табиғи су көздеріне кері әсерлерінен су экожүйелерінде қайтымсыз өзгерістер жүруде.

Су көздерінің жылулық ластануы да қауіпті. Электр станцияларының жылы сулары өзендерге, көлдерге және су қоймаларына төгіліп, ондағы қалыптасқан жағдайларды өзгертеді. Судағы еріген оттегі мөлшері азайып, биологиялық процестердің жүру ырғағы бұзылады. Балықтардың уылдырықтары мен ұсақ жәндіктер өле бастайды.

Атом бомбаларын сынауға, атом электр станцияларындағы апаттар мен бұзылу салдарынан, өндірісте, ғылымда радиоактивті заттарды көп қолдануға байланысты және радиоактивті қалдықтардың экологиялық талаптарға сәйкес көмілмеуі салдарынан су көздерінің радиоактивті қалдықтармен ластану қаупі төнді.

Салмағы судан жеңіл болғандықтан мұнай қалдықтары су бетін жұқа қабықшамен жабады. 1 т мұнайдан 6 – 12 км^2 су беті мұнай қабықшасымен жабылатынын ескерсек, теңіздегі өсімдіктер мен

жануарларға қандай зиян келіп жататынын білу оңай. Суда оттегі мөлшері азайып, биологиялық процестер бұзылады.

Соңғы кездерде табиғатты қорғау, соның ішінде су қорларын қорғау, сақтау және тиімді пайдалану мәселелеріне республикамызда өте зор мән берілуде.

Суды ысырапсыз және тиімді пайдалану тек мемлекеттік мәселе емес, ол әрқайсымызды толғандыратын, ойландыратын іс.

Қазақстан Республикасының су ресурстарын қорғаудың тиімділігі және оны тиімді пайдалануды қамтамасыз ету су қатынастарын құқықтық реттеуге байланысты. Қазақстан Республикасының Су кодексі 1993 жылы 31-наурыз күні қабылданған, 2002 ж., одан соң 2007 ж. жаңартылып қабылданды. Бұл құжаттың негізіне су пайдаланудың шындыққа және теңдікке негізделген халықаралық принциптері қаланған. Приоритет ретінде ауыз сумен жабдықтау ерекшеленген.

Қазақстан Республикасының су заңдарының негізгі міндеттері – су қорларын ластанудан, сарқылудан қорғау, зиянды әсерлерді болдырмау, суды пайдалануға заңдылықты күшейту, су қатынастарын реттеу.

Су объектілеріне өндірістік, тұрмыстық ағынды суларды және басқа да қалдықтарды тастауға Заң арқылы тиым салынған. Ағынды сулар ластаушы заттардың су объектісіндегі мөлшерін шектелген рұқсат етілген мөлшерден асырмайтын болғанда ғана тастауға рұқсат етіледі.

Су кодексіне сәйкес [10], Қазақстан Республикасындағы су ресурстары мемлекет меншігі болып табылады және пайдалануға ғана рұқсат етіледі. Қазақстан Республикасының заңды ұйымдары мен барлық азаматтары ең алдымен ауыз суға және шаруашылыққа қажеттерін қанағаттандыру үшін суды пайдалануға құқықты. Су ресурстарын сатуға, басқа ешкімнің меншігіне беруге рұқсат етілмейді. Суды мөлшерден тыс алуға, ластауға, үнемсіз пайдалануға, су қорғау режимін бұзуға заңдық және әкімшілік жауапкершілік тағайындалған. Республиканың Министрлер кабинеті су қорларын пайдалану, сақтау тәртібін белгілейді, судың сапасы мен бағасы жөніндегі құжаттарды бекітеді. Су қорларын пайдалану мен қорғау жүйелерін анықтап, оның есебін жүргізеді.

Халықты ауыз сумен қамтамасыз етіп, тұрмыстық қажеттерді өтегеннен кейін, өсімдіктер, балықтар мен басқа жануарлардың өмір сүруіне, сақталуына зиян келмейтін болса ғана, жаңадан салынатын немесе жөндеуден өткен кәсіпорындардың құрылысын жобалауға, жүргізуге, технология жабдықтарын жақсартуға рұқсат етіледі.

Кодексте мына құрылыстарды іске асыруға тыйым салынады:

-судың зиянды әсерін, ластануын болғызбайтын құрылыстармен және құрылғылармен қамтамасыз етілмеген жаңа және қайта жаңартылып жатқан объектілерді;

-су тасқынынан, жайылуынан, батпақтанудан, ащыланудан сақтайтын шаралар жасалмаған каналдарды, суландыру жүйелерін;

-су қабылдағыштары жоқ су ағызу жүйелерін;

-балық өтпейтін жабдықтары жоқ су тартатын қондырғылар;

-тасқын суларды өткізіп жібере алатын жабдықтары жоқ гидротехникалық ірі құрылғыларды;

-су шашырап төгілмейтін қондырғылары немесе санитарлық сақтау аймақтары жоқ бұрғылау скважиналарын;

-су қоймалары құрылысы толық біткенше оларға су жинауға тыйым салынады.

Су пайдаланушылар суды ұтымды және үнемді жұмсауға, су сапасын төмендетпеуге, топыраққа, орманға, қазбалы кендерге, жануарлар әлеміне зиян тигізбеуі керек.

Су қорларын қорғау және ұтымды пайдаланудың негізгі бағыттары: айналмалы су жүйелерімен және сусыз технологиямен жұмыс істейтін кәсіпорындарды көбейту; машиналарды, жабдықтарды, қондырғыларды судың орнына ауаны пайдаланып салқындатуға көшу; өндірістік кәсіпорындарда, шаруашылықта су тазалайтын қондырғыларды орнатып, ластанған ағынды суларды түгел тазартудан өткізу; техникалық қажетке, көше, машина, жабдықтар жууға таза суды пайдалануды тоқтатып, бір рет тазартудан өткен ағынды суларды жұмсауға көшу; өзендер, жыралар, балықтар уылдырық тастайтын жерлерді құрғатуға, ластауға, шаруашылық қажетіне пайдалануға тыйым салу.

Су қорларын қорғау жұмыстарын басқару тиісті мемлекеттік органдарға жүктеледі. Қазақстан Республикасының министрлер кабинеті мен жергілікті әкімшілігіне су қорларын ұтымды және үнемді пайдалану, оларды сарқылудан сақтау, зиянды әрекеттердің алдын алу міндеттері жүктелген.

Денсаулық сақтау министрлігіне санитарлық-эпидемиологиялық инспекциялар арқылы су қорларының тазалығын бақылау жүктелген.

1.5 Су пайдалану және су тұтыну

Қазіргі кезде Қазақстан Республикасында су шаруашылығы комплексін басқарудың көп деңгейлі жүйесі қалыптасты. Ол мынадай деңгейлерден тұрады: мемлекетаралық, мемлекеттік; бассейндік және территориялық. Негізгі технологиялық звено ретінде ірі өзендер бассейндерінің су шаруашылығы жүйелері алынады, мұның базасында өзендер бассейндерін басқарудың бассейндік су шаруашылық

органдары құрылады. Қазақстан Республикасында сегіз ірі өзен бассейндері бар. Су ресурстары бойынша комитет экономиканың барлық салаларының мүдделері үшін, экологиялық талаптарды есепке ала отырып, су бассейндері шегінде су ресурстарын пайдалануды басқарады.

Суды пайдалану, халықтың және экономика салаларының қажеттері үшін суды пайдалану. Су пайдалану – жалпы және арнайы; жеке және бірлесіп; бастапқы және қосалқы болып жіктеледі.

Жалпы су пайдалану халықтың ауыз сумен және басқа да қажеттерін өтеу үшін, су ресурстарын заңды ұйымдар мен жекелеген азаматтарға бекітіп берместен және судың жағдайына әсер ететін қондырғылар мен техникалық құрылғыларды қолданбай жүргізіледі. Жалпы су пайдалануға арнайы рұқсат алудың қажеті жоқ.

Арнайы су пайдалануға халықтың ауыз суға және тұрмыстық мұқтажын, ауыл шаруашылығының, өнеркәсіптің, энергетиканың, су транспортының суға қажеттерін қанағаттандыру үшін, өзге де қажеттер үшін, сондай-ақ, өндірістік, коммуналды-тұрмыстық және басқа да пайдаланылған ағынды суды төгу үшін, жер асты және жер үсті суларын пайдалану жатады, аталған суды пайдалану төмендегідей қондырғылар мен техникалық құрылғыларды қолдану арқылы жүргізіледі:

- жер асты суларын алу үшін сорғыш қондырғыларымен жабдықталған, су алу қондырғылары;
- жер үсті және теңіз суларын механикалық және өздігінен ағу арқылы алу үшін стационарлық, жылжымалы және жүзетін қондырғылар;
- өндірістік, шаруашылық-тұрмыс, коллекторлық-дренаждық, нөсер суын және басқа да ағынды суларды, сондай-ақ шахталардан, карьерлерден, разрездерден айдап шығарылған суды жер бетіндегі және теңіз суларына ағызуға арналған су бұрғыш ғимараттарды; су шығару қондырғыларын;
- жер асты сулы горизонттарына ағынды суларды төгуге арналған сіңіргіш скважиналар мен құдықтарды;
- ағынды суларды егіс алаңын суару жұмыстарына арналған шығару қондырғылары;
- платиналар, басқа да су құбырлары мен суды реттейтін қондырғылар;
- сумен жабдықтауға және қолданылған суларды төгуге арналған, сондай-ақ суды суытуға арналған жылу және атом электростанцияларының су шаруашылық құрылыстарын және т.б.

Жаңа Су кодексіне сәйкес арнайы су пайдалану, арнайы алынған рұқсат пен лицензияның негізінде жүзеге асырылады. Қазақстанда

бірінші рет арнайы су пайдаланудың келесі түрлеріне лицензия беруге талаптар енгізілген:

- жер үсті су тоғандарынан ауыл шаруашылығы, өнеркәсіп, энергетика, балық аулау және көлік мұқтаждары үшін тәулігіне 50 $м^3$ көлемінен артық суды алу және пайдалануға;
- жер үсті су объектілерінен қосалқы су пайдаланушыларға суды алуға және беруге.

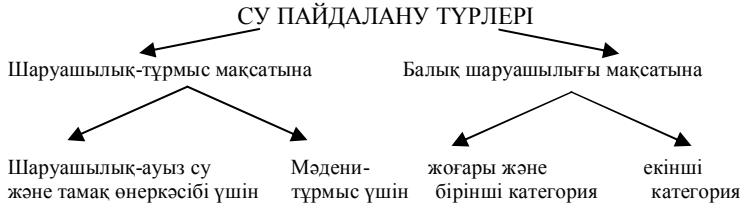
Бастапқы су пайдалану – арнайы рұқсат негізінде су тоғандарынан су алуды жүзеге асыратын заңды ұйымдар мен азаматтардың суды пайдалануы болып табылады.

Қосалқы су пайдалану – бастапқы су пайдаланушылардан су алатын заңды ұйымдар мен азаматтардың суды пайдалануы болып табылады. Бастапқы су пайдаланушылар арнайы су пайдалануға берілген рұқсаттарда көзделген лимиттерге және шарттарға сәйкес су көздерінің сулылығын ескере отырып, қосалқы су пайдаланушыларға су беруге кепілдік береді.

1.6 Су пайдалану категориялары және су объектісінің сапасын нормалау

Су сапасы түсінігіне оның су пайдалану және су тұтынудың нақты түрлеріне пайдалануға жарамдылығын анықтайтын, судың құрамы мен қасиеттерінің жиынтығы жатады. Су сапасына қойылатын талаптар «Жер үсті суларын ағынды сулармен ластанудан қорғау ережелерімен», «Жер үсті суларын ластанудан қорғаудың санитарлық ережелері және нормаларымен», сондай-ақ стандарттармен анықталады.

Су сапасы оны қандай мақсаттарға пайдаланатындығына байланысты. Су пайдаланудың екі түрі бар: 1 – шаруашылық-ауыз су және мәдени-тұрмыс мақсатындағы, 2 – балық шаруашылығы мақсатындағы. Су пайдалану түрлерінің әрқайсысы төменде көрсетілген категорияларға бөлінеді.



Бірінші категорияға жататын су объектілеріндегі судың құрамы мен қасиеттері, ағатын суларда жақын су пайдалану пунктінен ағыс

бойынша 1 км жоғары орналасқан, ал ақпайтын су қоймаларында жақын су пайдалану пунктінің екі жағынан да 1 км қашықтықта орналасқан бақылау нүктесіндегі нормаға сәйкес болуы керек.

Шаруашылық-ауыз су категориясы–су объектілерін орталықтандырылған сумен жабдықтау жүйесінде, сондай-ақ тамақ өнеркәсібін сумен жабдықтау үшін пайдалану;

Мәдени-тұрмыс категориясы – су объектілерін шомылу, спорт және демалу мақсатында пайдалану.

Балық шаруашылығы объектілері де ары қарай екі категорияға бөлінеді. Бірінші категорияға бағалы балықтарды және оттегінің мөлшеріне сезімталдығы өте жоғары балықтарды өсіретін су қоймалары жатады. Екінші категорияға – қалған басқа балықтарды өсіретін барлық су қоймалары жатады.

Табиғи сулар басқа мақсаттар үшін де – өнеркәсіпті сумен жабдықтау, өзен шаруашылығы, гидроэнергетикада – пайдаланылуы мүмкін.

Суға қойылатын талаптар су пайдалану түріне байланысты болғандықтан, алдымен су объектісі суды пайдаланудың қандай түріне жататындығын анықтау қажет.

Су сапасы төмендегі параметрлер бойынша жүзеге асырылады: жүзгіндердің және қалқып жүрген заттардың құрамы, исі, дәмі, түсі, судың температурасы, pH мәні, оттегінің мөлшері, органикалық заттардың құрамы, зиянды және улы заттардың концентрациясы.

Табиғи судағы ластаушы заттардың ШРК-сы деп, асып кеткен жағдайда су, су пайдаланудың берілген түрі үшін жарамсыз болатындай судағы жеке заттың концентрациясын түсіну керек. Заттың концентрациясы ШРК-ға тең немесе аз болса, су барлық тіршілік үшін қауіпсіз болады.

Су объектілеріндегі судың сапасын нормалағанда ШРК зияндылықтың лимиттік көрсеткіштері – ЗЛК бойынша тағайындалады. ЗЛК – ең төменгі концентрациямен сипатталатын, заттың зиянды әсерінің белгісі.

Су объектілерінің суы үшін санитарлық-гигиеналық ШРК зияндылықтың әр түрлі белгілері бойынша тағайындалады: жалпысанитарлық, органолептикалық (адамның сезім мүшелерімен бағаланатын қасиеттер, судың исі, дәмі, түсі) және токсикологиялық.

Ластаушы заттардың адамға және су экожүйелеріне әсері әр түрлі болуы мүмкін, су объектілерінің суы үшін санитарлық-гигиеналық ШРК тағайындау принциптері де әртүрлі:

-біріншіден, көптеген химиялық заттар су объектілерінің табиғи өзін өзі тазарту процесін, негізінен органикалық заттардың биохимиялық тотығуын тежеуі мүмкін, бұл су объектісінің жалпы санитарлық жағдайын

нашарлатады (оттегі жетіспеушілігі, шіруі, күкіртті сутек, метан пайда болуы мүмкін және т.б.). Бұл жағдайда *зияндылықтың жалпысанитарлық белгісі* бойынша ШРК тағайындалады;

- екіншіден, өндірістік ағынды сулар және олардың құрамындағы зиянды заттар судың органолептикалық қасиеттерін өзгертуі мүмкін. Мұндай сулар пайдалануға жарамайды. Бұл жағдайда *зияндылықтың органолептикалық белгісі* бойынша ШРК тағайындалады. Бұлар басқа белгілерге байланысты тағайындалғандарға қарағанда, көбінесе ең қатаң (ең аз) болып табылады;

- үшіншіден, зиянды заттар организмге тікелей түскенде улылық қасиетін көрсетуі мүмкін. Сондықтан қауіпті заттар үшін *зияндылықтың токсикологиялық белгісі* бойынша ШРК тағайындалады.

Сонымен, белгілі бір зат үшін жоғарыда көрсетілген зияндылық белгілері бойынша әр түрлі шектелген концентрациялар тағайындалуы мүмкін. Мысалы, мыс ионы концентрациясы 10 мг/л болғанда улылық әсерін көрсетеді, 5 мг/л болғанда су объектісінің өзін өзі тазарту процесін бұзады, ал 1 мг/л болғанда суға дәм береді.

Жоғарыда келтірілген мысал бойынша, су объектісіндегі мыстың ШРК-сы 1,0 мг/л деп, органолептикалық ЗЛК бойынша қабылданады. ШРК тізімінде (СанЕжН 4630-88) ЗЛК ылғи да көрсетіледі, сондай-ақ заттардың қауіптілік класы: төтенше қауіптіден (1-класс) бастап аз қауіптіге (4-класс) дейін көрсетіледі.

Сондай-ақ, белгілі бір заттың мөлшері, су объектісі тұрғындардың шаруашылық-тұрмыс мақсаты үшін пайдаланылатын болса, бір ЗЛК, ал балық шаруашылығы үшін қолданылатын болса, басқа ЗЛК арқылы нормаланады. Мысалы, аммиак шаруашылық-тұрмыс мақсатында пайдаланылатын су объектілері үшін жалпы-санитарлық ЗЛК бойынша (2,0 мг/л), ал балық шаруашылығы су қоймалары үшін – токсикологиялық ЗЛК (0,05 мг/л) бойынша нормаланады. Мыс та осылай, бірінші екі түрге жататын су қоймалары үшін органолептикалық ЗЛК бойынша (1,0 мг/л), ал балық шаруашылығы үшін – токсикологиялық бойынша (0,01 мг/л) нормаланады.

Егер су объектісі бірнеше түрлі су пайдалану үшін қолданылатын болса, ШРК ретінде ең төменгі, ең қатал шектелген рұқсат етілген концентрация таңдап алынады.

Егер судың құрамы мен қасиеттері аталған көрсеткіштердің бірде бірі бойынша тағайындалған нормативтен, ал су құрамындағы зиянды заттардың мөлшері шектелген рұқсат етілген концентрациядан (ШРК) аспаса су таза деп есептеледі. Суда ЗЛК бірдей бірнеше заттар болса, онда олардың концентрацияларының қосындысының сәйкес ШРК-ға қатынасы бірден аспауы керек:

$$\sum_{i=1}^{n} C_i \text{ /ШРК}_i \leq 1,$$

мұнда C_1, C_2, ... C_i – су қоймасындағы зиянды заттардың концентрациясы; $ШРК_i$ – сәйкес зиянды заттардың шектелген рұқсат етілген концентрациясы, мг/л; n – бірдей ЗЛК бойынша нормаланатын заттардың саны.

Қазіргі кезде ауыз су және мәдени-тұрмыс мақсатындағы су қоймалары үшін 1625, балық шаруашылығы мақсатындағы су қоймаларына 1050-ден астам зиянды заттарға ШРК тағайындалған.

Су сапасын бағалау жекелеген көрсеткіштердің мәндерін нормативтік көрсеткіштермен салыстыруға негізделген. Табиғи сулардың құрамының күрделілігіне және алуан түрлілігіне байланысты, сондай-ақ ластаушы заттардың мөлшерінің өсуіне байланысты, осындай бағалар су объектісінің қосынды ластануы туралы толық түсінік бермейді. Осы кемшіліктерді жою үшін, жер үсті суларының ластануын комплексті бағалау әдістері жасалған, ол екі топқа бөлінеді.

Бірінші топқа, су сапасын геохимиялық, гидрофизикалық, гидробиологиялық, микробиологиялық көрсеткіштердің жиынтығы арқылы бағалауға мүмкіндік беретін әдістер жатады. Су, сапасы бойынша әр түрлі ластану дәрежесі бар кластарға бөлінеді. Алайда бұл әдістің кемшілігі – судың бір түрлі жағдайының өзінде, әр түрлі көрсеткіштер бойынша әр түрлі класқа жатуы мүмкін.

Екінші топқа, негізгі көрсеткіштер және су қоймаларын пайдалану түріне байланысты анықталатын, су сапасының жалпыланған сандық сипаттамасына негізделген әдістер жатады. Осындай сипаттамаларға су сапасының индекстері, ластану коэффициеттері жатады.

1.7 Су тұтынушылар және олардың суға қоятын талаптары

Сумен жабдықтау жүйелерін жобалағанда, су мекен жайдың қандай қажеттеріне және оны қандай көлемде, қандай сапада тұтынатынын анықтаған жөн. Ол үшін суды тұтынушылардың көлемін түгел қамтып, олардың судың көлеміне және сапасына қоятын талаптарын анықтау керек.

Су әртүрлі қажеттерге жұмсалады, бірақ олардың бәрін қамти келе төрт топқа жіктеуге болады [15].

1. Тұрғындардың шаруашылық ауыз су қажеттеріне жұмсалатын су шығыны. Бұл топқа жұмысшылардың жұмыс уақытында тұтынатын су шығындары да жатады.

2. Елді мекендер мен өнеркәсіп орындарын тазалықта сақтауға, газон, жасыл алқаптар мен көшелерді жуып себуге кететін су шығыны.

3. Өнеркәсіп орындарында өндіріс мұқтаждарына жұмсалатын (бұйым шығару, буландыру, өнімді жуу және т.б.) су шығыны.

4. Өрт сөндіруге кететін су шығыны.

Халықтың ауыз су қажеттілігіне, шаруашылығына жұмсалатын су таза және мөлдір болуы тиіс. Оның құрамында жұқпалы аурулар тарататын бактериялар, зиянды және дәмі мен исі жағымсыз заттар болмауы керек.

Кейбір өнеркәсіп орындарына суды белгілі бір сапамен беруге тура келеді. Мысалы, буландыру қазандарында қаттылығы жоғары су қолданылмайды, өйткені су құрамындағы кальций және магний тұздары қазан қабырғаларына жабысып, оның пайдалы әсер коэффициентін төмендетіп жібереді. Агрегаттарды немесе қондырғыларды салқындатуға жұмсалатын су салқындау болған жөн.

Тамақ өнеркәсібінде қолданылатын судың тазалығына санитарлық жоғары талаптар қойылатын болса, жеңіл өнеркәсіп орындарына берілетін судың құрамында бұйымдардың түсіне әсерін тигізетін иондар болмағаны жөн.

Жалпы айтқанда, өнеркәсіп орындарының талаптарына сәйкес келетін бірде бір табиғи су көздерін табу қиын.

Ал елді мекендер мен өнеркәсіп орындарында тазалық сақтауға, көшелерді жуып себуге қолданылатын суға ешқандай талаптар қойылмайды десе де болады.

1.8 Су тұтыну мөлшері

Су тұтыну мөлшері дегеніміз уақыт бірлігінде әр түрлі мүдделерге немесе шығарылатын өнімнің бір бөлігіне жұмсалатын судың көлемі.

Әдетте, тұрғындардың ауыз су шаруашылығына жұмсалатын су шығынының көлемі қала тұрғындарының санына байланысты. Сондықтан, тәуліктік су шығынын анықтау үшін бір адамға бір тәулікте кететін су мөлшерін білсе жеткілікті. Бұл су мөлшері мекен жайдың ауа райына және үй құрылысының санитарлық жабдықталу дәрежесіне байланысты болады [4]. Ыстық аймақтарда және санитарлық жабдықталу дәрежесі жоғары үйлерде су тұтыну мөлшері көбірек болады.

Тәуліктік су мөлшерін жобаланып жатқан мекенжайға (қалаға, елді мекенге, аудан орталығына, өнеркәсіп орындарына) ауа райы мен өнеркәсібінің өсу дәрежесі ұқсас болған сумен жабдықтау жүйелері

бар қалалардың су тұтыну тәжірибесінен алынған мәліметтер негізінде белгілеуге болады. Ондай мәліметтер құрылыс ережелерінде жинақталып берілген. Сол құжаттың ұсынысы бойынша әрбір адам үшін тәулігіне берілетін су мөлшері төмендегі 2-кестеде берілген.

Көрсетілген судың тұтыну мөлшеріне тұрғындардың шаруашылық ауыз су және үй жай тұрмыстық мұқтаждарына кететін су шығындары енген. Демалыс орындарына, санаторийлер мен балалар лагерлері үшін жұмсалатын су мөлшері қосымша қабылданады (3-кесте).

Көрсетілген су мөлшерінің ең көбі оңтүстік аймақтарда, ал ең азы солтүстік аймақтарда алынады.

2-кесте

Елді мекендер үшін шаруашылық-ауыз суды тұтыну мөлшері

Үйлерді санитарлық- техникалық жабдықтау дәрежесі	Бір адамға тәулігіне қажетті су шығыны, л/тәул.
1	2
Үйлер су құбырымен және канализациямен жабдықталған:	
ванналарсыз	125-160
ванналары және жергілікті су қыздырғыштары бар	
орталықтан келетін су жүйесі бар	160-230
Үйлер көше бойындағы колонкалар арқылы су алады	230-350
.....	30-50

Сонымен, орташа тәуліктік шаруашылық-ауыз су шығыны тұрғындардың санына және суды тұтыну мөлшеріне байланысты, төмендегі формуламен анықталады:

$$Q = \frac{q_a N_a}{1000}, м^3 \ , \qquad (1.5)$$

мұнда N_a – қала тұрғындарының саны; q_a – бір адамға тәулігіне қажетті су шығыны, л/тәул.

Егер де қала аудандарының санитарлық жабдықталу дәрежесі әртүрлі болса, онда тәуліктік шығын әр аудан үшін анықталған жеке шығындардың қосындысынан тұрады.

3-кесте

Емхана, демалыс орындары үшін шаруашылық ауыз суды тұтыну мөлшері

Су тұтынушылар	Өлшемі	Су тұтыну мөлшері л/тәул.
Ауруханалар, санаторийлер мен демалыс орындары	кереует	230-300
Санаторийлер мен демалыс орындары (жеке пәтерлі, ваннасы бар)	кереует	300-400
Ауруханалар және санаторийлер (батпақпен емдеуші)	кереует	400-500
Пансионаттар және қонақ үйлер	1 тұрғын	100-120
Әр бөлмесінде ваннасы бар қонақ үйлер және пансионаттар	1 тұрғын	200-400
Мектеп-интернаттар	1 орын	200-220
Балалар лагері	1 орын	200-250

Жыл бойы тәуліктік шығын өзгеріп тұратындықтан, жобалағанда ең жоғарғы және ең төменгі шығындарды білген жөн. Оларды төмендегіше анықтауға болады:

$$Q_{\text{жоғ.тәу}} = Q_{\text{орт.тәу}} \cdot K_{\text{жоғ.тәу}} \quad (1.6)$$

$$Q_{\text{төм.тәу}} = Q_{\text{орт.тәу}} \cdot K_{\text{төм.тәу.}} \quad (1.7)$$

$K_{\text{жоғ.тәу.}}$ – 1,1–1,3 ал $K_{\text{төм.тәу.}}$ – 0,7–0,9. Бұлар максималды және минимальды біркелкі емес коэффициенттері. Олар тұрғындардың тұрмыс ерекшеліктеріне, өнеркәсіптің жұмыс кестесіне, үйлердің жабдықталу дәрежесіне және су тұтынудың мезгілмен апталап өзгеріп тұруына байланысты.

Шаруашылық-ауыз су мұқтажына жұмсалатын судың жалпы көлемін анықтау үшін, жоғарыда алынған су шығынын өнеркәсіп орындарындағы осы сипатты су шығындарына қосу керек.

Өнеркәсіп орындарында өндіріс мұқтажына жұмсалатын су көлемін анықтау. Өнеркәсіп орындарын сумен қамтамасыз ету жобасын жасағанда, судың өндіріс қажетіне жұмсалатын шығыны технологиялық есеп негізінде қабылданады. Оларға қажетті су көлемі өндіріс орнының сипаттамасына және қабылданған технологиялық процестеріне байланысты болады.

Өндіріс орындарына берілетін су бұйымдарды шығаруға, су қондырғыларын салқындатуға, жууға, буды суға айналдыру

процестеріне, айналмалы жүйелерде ысырапталынған судың орнын толтыруға және басқа көптеген жұмыстарға пайдаланылады.

Өнеркәсіп орындарындағы өндіріс мұқтажына пайдаланылатын су мөлшерін пайдалану тәжірибесінен алынған әр түрлі өнеркәсіп салаларынан шығатын, әр өнімге мөлшерленген су шығынын қабылдай отырып анықтауға болады, яғни:

$$Q_ө = M_ө \cdot q_ө , \qquad (1.8)$$

мұнда $q_ө$ – өнеркәсіп орындарында өнім шығаруға кететін су мөлшерін шамамен төмендегі 4-кесте бойынша қабылдауға болады; $M_ө$ – өнеркәсіп орнының бір тәулікте шығаратын өнімі.

4-кесте

Өнеркәсіп орындарының өндіріс мұқтажына жұмсалатын меншікті су мөлшері

Өнеркәсіп орындары	Өлшемі	Су мөлшері, $м^3$
Нан зауыты	1 т нан	1,8-4,8
Кондитерлік фабрика	1 т бұйым	1,6-30
Макарон фабрикасы	- « -	1,7
Ет комбинаты	1 т өнім	10-40
Балық зауыты	- « -	15-23
Сүт зауыты	- « -	7,5-12
Колбаса зауыты	1 т колбаса	13-76
Қант зауыты	1 т қант	18-25
Ұн комбинаты	1 т ұн	5,4-5,6
Кір жуу фабрикасы	1 т кір бұйым	37,5
Киім тазалау фабрикасы	1 т кір бұйым	83
Жеміс жидек зауыты	1 т банка	8-28
Сыра зауыты	1 $м^3$ өнім	10-15
Арақ зауыты	1 т өнім	15-20
Цемент зауыты	1 т цемент	2-13,5
Шыны зауыты	1 мың м әйнек	105-160
Металлургия зауыты	1 т болат	220-245
Құбыр зауыты	1 т құбыр	120-130
Мыс зауыты	1 т мыс	180-310
Мұнай зауыты	1 т мұнай	15-25
Бетон зауыты	1 $м^3$ бетон	1,6-3,3

1.9. Сумен қамтамасыз ету көздері және олардың сипаттамасы

Елді мекендерді және өнеркәсіп орындарын сумен қамтамасыз ету мәселесін шешуде табиғи су көздерін дұрыс таңдай білу өте жауапты және күрделі мәселе, өйткені ол тек сумен жабдықтау жүйесінің жұмысы мен сапасына ғана емес, сонымен қатар жүйе

құрамындағы ғимараттар санына әсерін тигізіп, олардың құрылыс және пайдалану құнына себепкер болады.

Сумен жабдықтауда пайдалануға болатын табиғи су көздерін екі топқа жіктеуге болады. Жер үсті су көздері – өзендер, көлдер, су қоймалары, теңіздер; жер асты су көздері – артезианды сулар, бұлақтар.

Су көздерін таңдаған кезде, алдымен су не үшін жұмсалатынын білу керек. Тұрғындардың тұрмыстық шаруашылығына арналған жүйелерде жер асты су көздерін пайдаланған дұрыс. Олардың сапасы жағынан көптеген артықшылықтары бар. Егер олар әр түрлі себептермен елді мекендерді сумен жабдықтай алмайтын болса, онда жер үсті су көздері қолданылады.

Сонымен қатар, су көздерін таңдағанда олардың қайсысы жайында көп мәлімет алынса, сол су көздерін алған жөн. Алынған су көзі мекен жайды кез келген уақытта сумен қамтамасыз етуі тиіс. Әдетте, жазда құрғап, ал қыста қатып қалатын су көздері сумен жабдықтау жүйелерінде қабылданылуы мүмкін емес.

Қабылданған су көздері мынадай талаптарға сәйкес алынуы тиіс:

- мекен жайға болашақта жетерліктей мөлшерде су беру қабілетіне ие болуы тиіс;
- суды үзіліссіз, сенімді түрде бере алуы керек;
- суды тұтынушылар талабына сай немесе олардың талаптарын оңай және арзан әдістермен орындау арқылы қанағаттандыра алу мүмкіншілігіне ие болуы тиіс;
- мекен жайға суды арзан жолдармен жеткізе алу.

Жер асты су көздері, әсіресе бұлақ пен артезиан сулары мөлдір және таза келеді. Олардың температурасы тұрақты және бактериясыз болады.

Теңіз суларының құрамында тұздар болатындығынан, оларды көбінесе емдеу мақсатында немесе өндіріс қондырғыларын салқындату және тұщыландыру станцияларында пайдалануы мүмкін.

Жер үсті суларының өздеріне тән ерекшеліктері бар. Олардың құрамында әртүрлі заттар көп болады. Олар лайлығы, органикалық заттармен микроорганизмдердің молдығымен және тұздардың мөлшерінің аз болатындығымен сипатталады. Жаңбыр сулары, қар еріген кездегі ағын сулар және өз бетімен ағып түсетін ластанған сулар жер үсті су көздеріне келіп қосылатындықтан, олардың санитарлық сапасы төмен болады. Су қоймаларының сапасы өзен, теңіз суларынан сәл де болса тазалау келеді. Бірақ, балдырлардың күн сәулесі әсерінен тез өсуінен, қоймалардың суы кейде түсті болады.

Табиғи су көздерін қарастырғанда, олардың тек қазіргі уақыттағы сапасын білумен қатар, олардың келешектегі сапасы мен сипатының өзгеретінін ескерген жөн.

2 – БӨЛІМ

ТАБИҒИ СУЛАРДЫ ТАЗАРТУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

2.1 Су сапасының көрсеткіштері

Табиғи сулардың құрамы. Көптеген су тұтыну түрлері үшін ауыз су қажет, ал оның қорлары Жер бетіндегі барлық сулардың 3 пайызын ғана құрайды. Су тұтынудың үнемі өсуі –әртүрлі аймақтарда су тапшылығын тудыратын негізгі себепке жатады. Осыған байланысты су қорларын тиімді пайдалану және қорғау соңғы кезде маңызды мәселеге айналды.

Сумен жабдықтау көзі ретінде тұщы сулы жер үсті су қоймалары және жер асты сулары пайдаланылады. Жер асты су көздеріне грунт сулары, қабат аралық сулар, артезиан сулары жатады. Грунт суларының құрамы атмосфералық жауын суларына, сол қабатта сумен беттесіп жатқан топырақтың сипаттамасына, жоғарғы горизонттың санитарлық жағдайына байланысты. Артезиан суларының құрамының қалыптасуында тереңдіктегі геологиялық структура шешуші рольді атқарады. Жер асты суларының химиялық құрамы тау жыныстарының шайылуы, еруі, сорбция, ион алмасу сияқты процестердің нәтижесінде қалыптасады. Артезиан сулары қабаттарының қорғалғандығы, су құрамының тұрақтылығын және микроорганизмдердің мүлдем болмауын қамтамасыз етеді.

Жер үсті табиғи суларының өзіне тән ерекшелігі, олардың құрамының жыл мезгілдері бойынша өзгеріп отыратындығында. Жер үсті су қоймаларының суы құрамының қалыптасуына көптеген факторлар әсер етеді.

Олардың ең маңыздылары – су көзіне ластанған ауамен және топырақ жамылғысымен түсетін атмосфералық жауындардың әсері; гидробионттардың қатысуымен және адамның іс әрекеті нәтижесінде жүретін биологиялық процестер (өзен ағысын реттеу, ирригация, су көлігі, ағынды суларды төгу және т.б.).

Табиғи суларда белгілі химиялық элементтердің жартысынан астамы табылған. Өздерінің табиғатына байланысты су қоспалары минералды және органикалық, суда жүзгін күйінде, коллоидты және нағыз ерітінді түрінде болатын болып бөлінді.

Жер асты суымен жабдықтау көздерінде органикалық заттар болмайды немесе жоқтың қасында, минералдылығы жоғары, кейде құрамында газдар (CO_2, H_2S, CH_4) болады. Сумен жабдықтау

көздерінің жер үсті су қоймалары төмендегіше жіктеледі: тұздардың құрамы 200 мг/л дейін – минералдығы аз; 200 – 500 мг/л – орташа және 500–1000 г/литрден көп – минералдылығы жоғары су қоймалары. Табиғи сулар аниондардың құрамына байланысты үш класқа жіктеледі: гидрокарбонатты, сульфатты және хлоридті. Кластың ішінде басым катиондардың мөлшеріне байланысты натрий, кальций және магний топтарына жіктеледі.

Табиғи сулардың сапасы әр түрлі көрсеткіштермен сипатталады, ең негізгілері – температура, ортаның реакциясы, түсі, исі, дәмі, лайлығы. Сонымен қатар, иондық құрамы, темір және марганец қосылыстарының болуы, қаттылығы, тотығуы, еріген газдардың болуы, фтор, йод, улы заттардың болуы, санитарлық-бактериялық және гидробиологиялық көрсеткіштері де маңызды. Су сапасының көрсеткіштері ГОСТ арқылы белгіленеді (регламенттеледі).

Температура – су сапасының физикалық көрсеткіші. Жер үсті су қоймаларының температурасы жыл мезгілдеріне байланысты $0 – 30^0$С арасында өзгеріп отырады, жер асты су көздерінің температурасы салыстырмалы тұрақты болып табылады. Ауыз судың температурасы $7–15^0$С арасында болғаны дұрыс.

Ортаның реакциясы. Шаруашылық-ауыз су мақсатына қолданылатын су үшін pH = 6,5–8,5 болуы қажет. Бұл талап адамның физиологиялық мұқтаждарын қанағаттандыру үшін және құбырлар мен қондырғылардың материалдарының коррозиясын болдырмау үшін керек. Көптеген табиғи су көздерінің pH шамасы бұл шектен аспайды. pH шамасы ортаның активті реакциясының немесе судағы бос сутек иондарының әсерінен болатын активті қышқылдығының өлшемі.

Судың түсі. Судағы гумин және фульвоқышқылдары, олардың еріген тұздары, сондай-ақ темір қосылыстары суға түс береді. Суға түс беретін қосылыстар дисперстік дәрежесі бойынша екінші және үшінші топқа жатады. Суға түс беретін қосылыстардың мөлшері көптеген факторларға, негізінен су көзі бассейнінде торфяниктердің болуына байланысты.

Түстің дәрежесін белгілі бір заттың мг/л мөлшерімен емес, ерекше бірлікпен – градус арқылы өлшейді. Өзен суы түсінің шамасы үлкен аралықта өзгереді – 35–55 градус аралығында, жекелеген жағдайларда 200 градустан және одан да жоғары асып кетуі мүмкін.

Судың исі мен дәмі – су сапасының органолептикалық көрсеткіштері. Ұшқыш иісті заттар суға иіс береді. Табиғи судың исі мен дәмі оның құрамында табиғи заттардың болуынан немесе ағынмен бірге ластаушы заттардың түсуінен. Табиғи иіске жер, шірік, батпақ, күкірттісутек және т.б.иістері жатады. Олар судағы

балдырларға және басқа да судағы тірі организмдерге байланысты. Жасанды иістер хлор, фенол, дәріхана иістері болып жіктеледі. Судың дәмі тұзды, тәтті, ащы және қышқыл болып жіктеледі. Ерекше дәмдер де бар – сілтілік, металл және басқа дәмдер. Шаруашылық ауыз сумен жабдықтау көздерінің дәмі мен иісі әдетте 3–4 балдан аспайды.

Ауыз судың дәмі жоқ. Жер асты су көздерінің суларының дәмі, құрамындағы тұздардың концентрациясы үлкен болғандықтан, тұзды және ащы тұзды болуы мүмкін.

Судағы ерімеген және коллоидты заттар суға лайлылық береді.

Судың лайлығын зерттелетін пробаны стандартты ерітіндімен салыстырып бағалауға негізделген әр түрлі әдістермен өлшейді. Стандартты ерітіндіні дистелденген суға кремний диоксидінің стандартты суспензиясын қосу арқылы дайындайды. Судың лайлығы мг/л арқылы өлшенеді. Өзен суларының лайлығы жер асты суларына қарағанда жоғары. Су тасқыны кезінде өзен суының лайлығы бір литрде ондаған мың миллиграмға жетуі мүмкін. Санитарлық нормаларға сәйкес ауыз судың лайлығы 1,5 мг/л аспауы керек.

Жүзгін заттар. Жер үсті суларында жүзгін заттар барлық уақытта кездесіп тұрады. Олардың концентрациясы (мг/л) жыл бойы өзгеріп, әсіресе жаңбыр, нөсерлерден кейін көбейіп, әдетте қыс айларында азаяды.

Иондық құрам. Табиғи сулардың құрамында көбінесе Na^+ , K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} катиондары және HCO^{3-}, SO_4^{2-}, Cl^- – аниондары басым болады. Қалған иондар суда өте аз мөлшерде болады, бірақ кейде олар судың қасиеттері мен сапасына әсер етеді.

О.А.Алекин табиғи суларды құрамындағы аниондардың басымдығына байланысты жіктеуді ұсынды. О.А.Алекиннің классификациясы бойынша табиғи сулар үш үлкен класқа бөлінеді: гидрокарбонатты (және карбонатты), сульфатты және хлоридті.

Әр класс басым катионға байланысты үш топқа бөлінеді: кальцийлі, магнийлі және натрийлі. Әрі қарай әр топта құрамдары төмендегідей судың үш түрі кездеседі: I – $HCO_3^{2-} > Ca^{2+} + Mg^{2+}$; II – $HCO_3^{2-} < Ca^{2+} + Mg^{2+} < HCO_3^{2-} + SO_4^{2-}$; III – $HCO_3^{2-} + SO_4^{2-} < Ca^{2+} + Mg^{2+}$.

Бұл классификация табиғи судың тегін анықтауға және оның қасиеттерін сипаттауға мүмкіндік береді.

Судағы иондардың (тұздардың) құрамы арқылы оның минералдылығының жалпы дәрежесін М анықтайды.

$$M = \sum Кат + \sum Ан,$$

мұнда ∑ Кат – катиондардың қосындысы, ∑Ан – аниондардың қосындысы, мг/л.

Су электронейтральды болғандықтан, оң иондардың қосындысы теріс иондардың қосындысына тең болуы тиіс:

$$[Na^+] + [K^+] + [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] = [HCO^{3-}] + [SO_4^{2-}] + [Cl^-].$$

Табиғи сулардың құрамындағы тұздар құрғақ қалдық арқылы анықталады.

Құрғақ қалдық. Іс жүзінде құрғақ қалдық деп судағы еріген және коллоидты түрдегі бейорганикалық және органикалық заттардың қосындысын түсінеді. Құрғақ қалдықты суды буландыру, пробаны фильтрлеп, 105^0С кептіру арқылы анықтайды. Шаруашылық ауыз су мақсатындағы су көздерінің суының құрғақ қалдығы 1000 мг/л аспауы керек, себебі суда тұздардың құрамы көп болса, адам әртүрлі ауруларға шалдығады.

Жер асты суларының химиялық құрамы алуан түрлі. Олардың минералдылығының дәрежесі сулы горизонттың орналасуына байланысты және 100–200 мг/л-ден литріне бірнеше граммға дейін ауытқып отырады. Тұщы артезиан суларында Ca^{2+} және HCO^{3-} иондары басым болады.

Мұхиттардың және кейбір теңіздердің суларында тұздардың мөлшері 50 г/кг жетеді және асады, Na^+ және Cl^- иондары басым. Ішкі теңіздердің суларында тұздардың мөлшері біраз азырақ болады. Мысалы, Каспий теңізі суының құрамында 13, Қара теңізде – 16 шамасында, Балтық теңізінде – 7,5 г/кг шамасында тұздар бар.

Суда еріген тұздардың мөлшерінің көптігінен судың дәмдік сапасы төмендейді.

Санитарлық-бактериялық және гидробиологиялық көрсеткіштер. Табиғи сулардың микроб бірлестіктері ерекше алуан түрлі. Оның сандық және сапалық құрамы ең алдымен судың құрамына байланысты. Тереңде жатқан, өте таза артезиан суларында бактериялар мүлдем болмайды, себебі су қабаты жоғарыда жатқан горизонттардан жақсы қорғалып тұр.

Ашық су қоймаларының ерекшелігі, суының құрамы жыл мезгіліне байланысты өзгеріп тұрады, осыған байланысты микроорганизмдердің саны мен түрлері де өзгереді. Жер үсті су қоймаларының бактериялық ластануы, негізінен су қоймасына құрамында органикалық, минералды заттар және микроорганизмдер бар лас, ағынды сулардың түсуінен болады. Санитарлық микробиология тұрғысынан алғанда, су сапасын бағалау оның

санитарлық-эпидемиологиялық қауіптілігін немесе адам денсаулығына қауіпсіздігін анықтау үшін жүргізіледі. Су көптеген инфекцияны, негізінен іш ауруын таратуда негізгі роль атқарады. Патогенді микроорганизмдер суға адамдар мен жануарлардың нәжістерімен, сондай-ақ кір жуу, мал суару кезінде түседі. Тиф, дизентерия, холера, жұқпалы гепатит және т.б. аурулар су арқылы таралады.

Су сапасын бақылау кезінде барлық жұқпалы аурулардың қоздырғыштары түрлерінің аса көптігінен және анализдің күрделілігінен, олардың санын тікелей анықтау мүмкін емес. Сондықтан санитарлық биологияда, судың патогенді микроорганизмдерді потенциалды жұқтыруын анықтауға мүмкіндік беретін қосалқы әдістер қолданылады. Судың сапасын санитарлық-бактериологиялық бағалау негізгі екі көрсеткішті, микроб саны мен Coli тобы бактерияларының санын анықтауға негізделген.

Бірінші көрсеткіш судың аэробты сапрофиттермен жалпы ластанғандығын көрсетеді, сондықтан көбінесе аэробты сапрофиттердің жалпы саны деп аталады. Аэробты сапрофиттер судағы микробтардың жалпы санын ғана құрайды, бірақ су сапасының маңызды көрсеткіші болып табылады, себебі судың органикалық заттармен ластану дәрежесі мен микроб саны арасында тікелей байланыс бар. Сонымен қатар микроб саны үлкен болған сайын, суда патогенді микроорганизмдердің болу мүмкіндігі де жоғары. Су құбырындағы судың микроб саны 100-ден аспауы тиіс. Табиғи суларда бұл көрсеткіш әр түрлі су қоймалары үшін және бір су қоймасы үшін әр түрлі мезгілде өте үлкен аралықта өзгеріп отырады. Таза су қоймаларында аэробты сапрофиттер саны ондап немесе жүздеп саналады, ал ластанған су қоймаларында ондаған мың немесе миллиондаған болады.

Екінші көрсеткіш – Coli (коли) тобы бактериялары (іш ауру қоздырғышы) суда патогенді микроорганизмдер болу мүмкіндігін бағалайды.

Coli тобы бактериялары энтеробактерияларға жатады. Олар үнемі адам мен жануарлардың шегінде тіршілік етеді; сыртқы ортаға үнемі көп мөлшерде бөлініп отырады және осы ортада өзінің тіршілік қабілетін жақсы сақтайды; басқа жұқпалы қоздырғыштарға қарағанда хлордың әсеріне тұрақты. Осы қасиеттеріне байланысты Coli тобы бактериялары санитарлық-көрсеткіш ретінде қолданылады. Суда коли-форманың болуы ол судың фекальды ластанғандығын көрсетеді, ал оның мөлшері осы ластану дәрежесін бағалауға мүмкіндік береді.

Су құбырындағы және табиғи судың анализі суды мембранды фильтрлерде алдын ала қоюлап алған соң жүргізіледі. Нәтижесін коли-индекс – 1 л судағы бактериялардың саны арқылы көрсетеді. Кейде коли-титр арқылы анықтап, қайтадан есептейді, коли-титр – құрамында 1 іш ауру таяқшасы бар судың ең аз мөлшері (мл). Коли-титр = 1000/ коли индекс.

Су құбырындағы судың коли-индексі үштен аспауы тиіс. Сумен жабдықтау көздерінің коли-индексінің шамасы ұсынылатын тазарту әдісіне байланысты. Егер су тек хлорланатын болса, су көзіндегі судың коли-индексі 1000-нан, ал толық тазаланатын болса 10000-нан аспауы тиіс.

Сумен жабдықтаудың жер үсті көздері санитарлық-бактериологиялық тесттен басқа, гидробиологиялық байқаулардың нәтижелерімен де сипатталады. Су пробасын микроскоп арқылы зерттеудің көмегімен фито-, зоопланктондардың клеткаларының санын анықтауға болады. Бұл көрсеткіштер де организмдердің саны бойынша да, түрлері бойынша да мезгіл бойынша көп өзгереді.

Көктем-жаз мезгілінде балдырлар шапшаң дамиды (су қоймасының гүлденуі), жер үсті су қоймаларындағы фитопланктондар саны 1 мл суда 50 мың клеткаға дейін жетуі мүмкін. Жазда фитопланктондар түрлері өте көп болады, шаян тәрізділер, молюска дрейссендердің личинкалары және т.б. суда бентостар да болуы мүмкін: құрттар, насекомдардың личинкалары. Қыс мезгілінде суда негізінен шаян тәрізділер ғана кездеседі.

Ауыз суда планктондар, сондай-ақ қаруланбаған көзге көрінетін микроорганизмдер болмауы тиіс.

Ауыз суға қойылатын талаптар ГОСТ 2874-82 (Ауыз су стандарты) берілген, 5-кесте.

2.2 Табиғи сулардың сапасын жақсартудың негізгі әдістері мен технологиялық сызбанұсқалары

Адамның мұқтаждарына қолданылатын су әдетте сапалық көрсеткіштері арқылы, яғни судағы қоспалардың түрлерімен және концентрациясымен сипатталады. Сондықтан су сапасын бағалағанда қоспалардың табиғаты ғана емес, физика-химиялық жағдайы да үлкен роль атқарады.

Су тазартудың технологиялық процестерінде дисперстік түсінігі судағы қоспалар бөлшектерінің размерін көрсетеді. Размерлері 10^{-7} кіші қоспалар сумен нағыз ерітінділер түзеді, бұл жүйелер бір фазалы

гомогенді. Табиғи және ағынды сулар көпшілік жағдайда кем дегенде екі фазадан тұратын гетерогенді жүйе болып табылады.

5-кесте

Ауыз судың сапасы

Заттардың мөлшері	Ауыз суының стандарты бойынша
1 мл судағы жалпы бактериялар саны	100-ден көп емес
Бактериялар саны (ішек таяқшасы топтас)	
коли-индекс	3-тен көп емес
коли-титр	300-ден көп емес
Фтор	0,7-1,5 мг/л
Иіс, 20^0 және суды 60^0-қа қыздырғанда	2 баллдан көп емес
Дәмі, 200	2 баллдан көп емес
Түсі, платина-кобальт бағанасы бойынша	2 град. көп емес
Лайлылық	1,5 мг/л көп емес
Құрғақ қалдық	1000 мг/л
Хлоридтер ($C1^-$)	350 мг/л
Сульфаттар (SO_4^{2-})	500 мг/л
Темір Fe^{2+}, Fe^{3+}	0,3 мг/л
Қалдық хлор мөлшері	03-0,5 мг/л
Сынап	0,1
Қорғасын	0,1
Қаттылық	7-10 мг·экв/л

Бір зат екінші заттың ортасында өте ұсақ бөлшектер түрінде таралған болса, ол жүйе дисперсті деп аталады. Дисперсті жүйелердің барлығы да гетерогенді. Ұсақ бөлшектердің жиынтығы дисперсті фазаны құрайды, ал олар таралған орта дисперсті орта деп аталады.

Кез келген осындай жүйенің қасиеті дисперсті фазаның бөлшектерінің размеріне көп байланысты. Дисперстілікті сандық сипаттау ішін, дисперстік дәрежесі Д түсінігі енгізілген, Д бөлшектердің размеріне кері шама. Дисперсті орта сұйық болып табылатын гетерогенді жүйелер, дисперстік дәрежесі бойынша жүзгіндерге (суспензиялар мен эмульсиялар), $Д < 10^5$ $см^{-1}$ және коллоидты ерітінділерге ($10^7 > D > 10^5$ $см^{-1}$) бөлінеді.

Дисперсті жүйелер сондай-ақ, лиофильді, бөлшектері дисперсті ортаның молекулаларының көп мөлшерін байланыстыруға қабілетті және лиофобты, дисперсті ортамен байланысы нашарлар болып бөлінеді. Егер жүйедегі дисперсті орта су болса, онда гидрофильді және гидрофобты терминдері қолданылады.

Су қоспаларының әр түрлі фазалық дисперстілік жағдайы, қоспаларды жіктеуге мүмкіндік береді. Қазіргі кезде академик

Л.А.Кульский ұсынған классификация кең қолданылады, ол заттардың дисперстілігімен анықталатын, физика-химиялық жағдайларына негізделген. Бұл принцип табиғи және ағынды сулардың құрамындағы, физикалық және химиялық сипаттамалары бойынша айырмашылықтары бар алуан түрлі қоспаларды төрт топқа бөлуге мүмкіндік берді.

Размерлері 10^{-1}–10^{-5} аралығындағы, қоспалардың бірінші тобы суспензия және эмульсия түзетін судағы жүзгін бөлшектерден тұрады. Бұл топқа әр түрлі планктон организмдері, бактериялар да жатады.

Қоспалардың екінші тобын размерлері 10^{-5}–10^{-6} аралығындағы, коллоидты қоспалар мен жоғары молекулалы органикалық заттар құрайды.

Қоспалардың үшінші тобын размерлері 10^{-6}–10^{-7} аралығындағы, молекулалық еріген заттар, вирустар мен бактериофагтар, сондай-ақ суда еріген газдар – оттегі, көміртек диоксиді және т.б. құрайды.

Қоспалардың үшінші тобын размерлері 10^{-7}-нен кем, суда иондарға диссоциацияланатын заттар құрайды.

Бірінші және екінші топтың қоспалары гетерогенді жүйелер түзеді, ал үшінші және төртінші тобы – гомогенді жүйелер.

Әр топтың қоспаларының өздеріне тән ерекшеліктері бар, сондықтан оларды судан бөліп алу үшін, белгілі бір технологиялық әдістер қажет. Суды тазарту кезінде, қажеттілігі болса, ластаушы заттарды бір фазалық дисперстілік жағдайдан басқасына өткізеді.

Дисперстілігінің өсуіне байланысты жүйелер мен топтардың таңдап алынған орналасуы технологиялық тұрғыдан алғанда өте тиімді, себебі суды тазарту әдетте оның құрамындағы ірі дисперсті және коллоидты-дисперсті қоспаларды бөліп алудан басталады.

Бірінші және екінші топтың қоспаларын бөліп алу әдістері ең кең тараған және өндірістік, коммуналдық ағынды сулардың барлық тазарту құрылыстарында, сондай-ақ өндірістік ағынды суларды тазарту станцияларында кеңінен қолданылады. Судан молекулалық және иондық қоспаларды (3–4 топтар) бөліп алу процестері тазартудың арнайы әдістеріне жатады және тазарту құрылыстарының негізгі технологиялық комплексіне қажет болған кезде қосымша ретінде қолданылады.

Су ластануының бірінші тобына майда жүзгіндерден бастап ірі бөлшектерге дейінгі жүзгін заттар жатады, бактериалды жүзгіндер мен биологиялық ластану да осы топқа жатады. Бұл қоспаларды бөліп алу, яғни суды ағарту мына әдістер арқылы жүргізіледі:

1) реагент қолданылмайтын әдіс;
2) реагентті әдіс.

Суды ағарту немесе аздап ағарту суды тұндырғыштарда және ағартқыштарда тұндыру арқылы, түйіршікті материалдар, торлар, микрофильтрлер, барабанды торлар арқылы фильтрлеу және т.б. арқылы жүзеге асырылады.

Жүзгіндерді тұндыру процесін тездету үшін, коагуляция әдісі қолданылады, ол үшін суға арнайы реагенттер – коагулянттар қосылады. Осының нәтижесінде бетіне қоспалар адсорбцияланатын ірі агрегаттар, сондай-ақ тез тұнатын және өзімен бірге қоспа бөлшектерін де бірге тұндыратын ұлпақтар түзіледі. Ағарту процесі шапшаң фильтрлерде фильтрлеу процесімен немесе контакталық ағартқыштарда контакталық коагуляция әдісімен аяқталады.

Суды ағарту процесінде, су бірен-сарандап залалсызданады, яғни бактериялардың біразынан арылады.

Судың толық залалсыздануы көбінесе реагентті әдістер – хлорлау, озондау – арқылы жүзеге асырылады. Дезинфектанттар (тотықтырғыштар) микроорганизмдерді өлтіреді.

Қоспалардың екінші тобы гидрофобты және гидрофильді коллоидты жүйелерден, жоғары молекулалы заттардан және СБАЗ-дан тұрады. Бұл қоспаларды бөліп алу үшін және суды түссіздендіру үшін сорбенттер және тотықтырғыштармен (хлор, озонмен) өңдейді. Осы кезде судың түсі азаяды, микроорганизмдер жойылады, гидрофильді коллоидтар бұзылады.

Судағы коллоидты бөлшектерді бөліп алуға мүмкіндік беретін негізгі реагенттерге коагулянттар (алюминий сульфаты, темір хлориді, сульфаты және т.б.) жатады. Аралас алюмотемірлі (АТК) коагулянттармен ластаушы заттардың көбін бөліп алуға болады. Бұл жағдайда коагуляция процесі pH пен температураның кең аралығында жүреді.

Флокулянттар (полиакриламид ПАА, активті кремний қышқылы АК және т.б.) қосу арқылы коагуляция процесінің тиімділігін арттыруға болады. Бұл реагенттерді тіпті аз мөлшерде қосқанның өзінде, ұлпақ түзілу процесін тездетеді, оның структурасын жақсартады, суды тез және тиімді ағартуға мүмкіндік береді.

Контакталық коагуляция, яғни коагулянттармен өңдегеннен соң, тұндырмастан фильтрлеу әдісі суды коллоидты бөлшектерден тазартуда өте жақсы нәтижелер береді.

Қоспалардың молекулалық ерітінділерге жататын үшінші тобын судан бөліп алуға аэрациялау, тотықтыру, адсорбция әдістері мүмкіндік береді.

Суда еріген газдар және ұшқыш органикалық заттарды (жеңіл бензиндер, органикалық күкіртті қосылыстар, төменгі молекулалы

эфирлер, карбонилді қосылыстар және т.б.) бөліп алу суды аэрациялау немесе белгілі бір химиялық заттармен өңдеу арқылы жүзеге асырылады.

Осы топқа кіретін көптеген заттар, активті көмірдің көмегімен бөліп алынады, суда еріген қоспалар көмірдің жақсы дамыған бетімен молекулалық әсерлеседі де, оған бекітіледі. Гидрофобты қосылыстар, мысалы, мұнайдың көмірсутектері, хлорланған көмірсутектер, ароматты көмірсутектер және олардың туындылары көмірмен жақсы сіңіріледі.

Электролиттер болып табылатын қоспалардың төртінші тобын бөліп алу, суға қосылған реагенттердің көмегімен иондарды аз еритін немесе мүлдем ерімейтін қосылыстарға байланыстыру арқылы жүзеге асырылады. Реагентті түзілетін қосылыстардың ерігіштік көбейтіндісі мәніне байланысты таңдап алу қажет.

Қоспалардың төртінші тобын бөліп алу үшін сондай-ақ, қатты ион алмастырғыш шайырдың бетінде жүретін ион алмасу реакциялары да қолданылады.

Бұл әдісті бөлінетін иондарды сорбентте ұстап қалып, суды ары қарай қолдануға зиянсыз иондармен алмастыруға болатын жағдайларда қолданған тиімді.

Судағы иондарды көптеген әдістермен, мысалы буландыру, мұзға айналдыру, экстракция, электродиализ және т.б арқылы бөліп алуға болады.

Сонымен, су қоймаларын және ағынды суларды ластайтын қоспалардың барлығы, Л.А.Кульский ұсынған классификацияның төрт тобының ішіне кіреді.

Су тазарту станцияларын жобалаған кезде жіктеудің осы принципін қолдану тазарту қондырғыларының негізгі элементтерін анықтауға, оларды жинақтауға, сондай-ақ судағы қоспалардың бүкіл жиынтығын бөліп алуға мүмкіндік беретін реагенттер мен қоспаларды таңдап алуға мүмкіндік береді.

Технологиялық процесті жасағанда тазартылған ағынды сулар төгілетін су қоймасының сипаттамаларын есепке алу қажет немесе егер сумен жабдықтаудың тұйық циклі қолданылатын болса, қоспалардың қалдық мөлшеріне өндірістің технологиясымен қойылатын талаптарды есепке алу қажет.

Тазарту ғимараттарының кешенін жобалағанда, негізгі және қосалқы жабдықтардың түрлері суды өңдеудің таңдап алынған әдісі бойынша анықталады. Жекелеген ғимараттардың көлемі тазартылатын суда физика-химиялық процестердің өтуіне қажетті уақытқа байланысты есептеледі. Бұл ғимараттардың үздіксіз жұмысы кезінде

көлем, тазарту процесінің қалыпты өтуіне мүмкіндік беретіндей жылдамдықпен, тазартылатын судың технологиялық схеманың әр түрлі элементтерінде (аппараттарында) болу уақытын табу арқылы есептеледі.

Жоғарыда атап өтілген процестердің көпшілігінің жүруін камтамасыз ететін тазарту ғимараттарына – араластырғыштар, реакция камералары, тұндырғыштар (ағартқыштар) және фильтрлер кіреді.

Табиғи сулардың сапасын жақсартудың негізгі технологиялық сызбанұсқалары. Табиғи сулардың сапасын жақсарту үшін технологиялық схемаларды жасау көптеген мәліметтерді талап етеді. Алдымен судың қолданылатын мақсаты анықталады, яғни тұтынушылардың судың физикалық, химиялық және бактериологиялық көрсеткіштеріне талаптары тағайындалады және сумен жабдықтау көзінің жылдың әр мезгіліндегі сапасы, оның тұрмыстық және өндірістік ағынды сулармен ластану мүмкіндігі және дәрежесі ескеріледі.

Судың сапасын жақсарту тәсілдері мен су тазалағыш ғимараттардың құрамы табиғи судың сапасына және тұтынушылардың суға қоятын талаптарына сәйкес белгіленеді.

Табиғи суларды өңдегенде атқарылатын жұмыстар [6]:

1) судың түсін, исін жақсарту;

2) суды эпидемиологиялық жағынан зиянсыздандыру;

3) судың сапасын арнайы тәсілдермен жақсарту болып жіктелуі мүмкін.

Ең күрделі саты сумен жабдықтау көзін дұрыс бағалау болып табылады. Суға дәм, иіс, түс беретін қоспалардың құрамын ғана анықтап қоймай, судың құрамының тұрақтылығына әсер ететін су қоймасында жүретін барлық химиялық және биологиялық процестерді зерттеу қажет. Сондықтан, су қоспаларының құрамын ұзақ уақыт бойы бақылап, зерттеудің нәтижесінде ғана су қоймасына баға беріледі.

Тұтынушылардың талаптарына байланысты әр жағдайда жеке тағайындалатын су тазартудың спецификалық ерекшеліктерімен қатар, тазарту ғимараттарының элементтерін таңдап алғанда және оларды жинақтағанда қолданылатын жалпы талаптар да бар.

Егер ауыз су ашық су қоймасынан алынатын болса, суды мөлдірлейді, түссіздендіреді және залалсыздандырады. Ал егер ауыз су көзі ретінде жер асты суы қолданылатын болса, залалсыздандыру жеткілікті. Шаруашылық ауыз су мақсатында қолданылатын суды толық тазарту керек, ал кейбір өндіріс орындарына берілетін техникалық суды мұқият тазалап жату шарт емес.

Тазарту ғимараттарын жобалағанда, негізгі және қосымша қондырғылар суды өңдеудің қабылданған әдісіне байланысты таңдап алынады. Жеке қондырғылардың көлемін өңделінетін суда жүретін физика-химиялық процестердің жүруіне қажетті уақыт бойынша есептейді.

Қоспалардың бар жоғына байланысты, олар реагентті және реагентсіз болуы мүмкін.

Реагенттер қосу арқылы суды тазалау процесін едәуір жеңілдетуге болады. Мысалы, жүзгін заттар реагенттер көмегімен 2–4 сағатта тұнбаға түссе, реагентсіз болса, тәуліктер бойы лайлығы сақталады.

Суды реагенттер көмегімен өңдегенде ғимараттар көлемі шағын, құны арзандау болады, бірақ пайдалану мәселесі қиындай түседі.

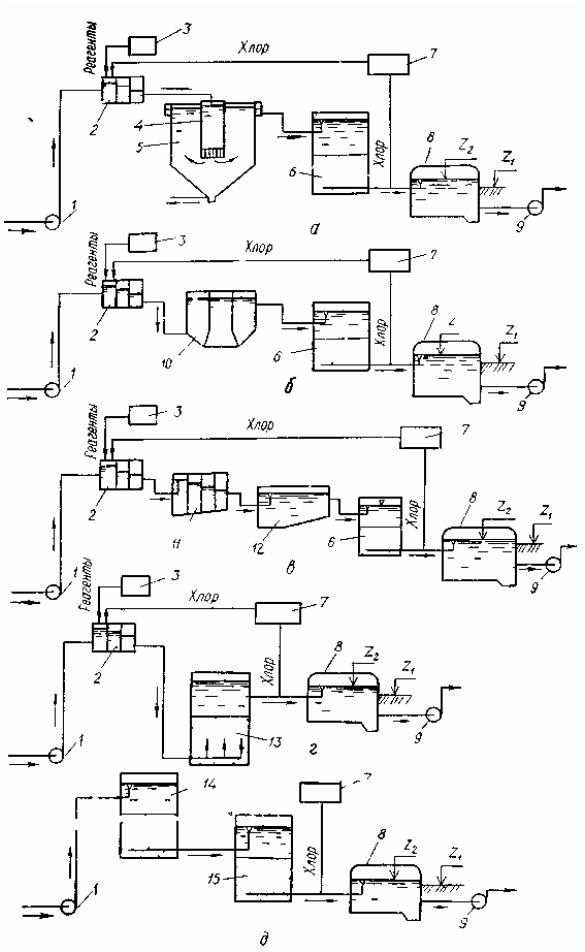
Реагентсіз әдіс, өңделетін судың түсі 50 градустан аспағанда және шағын елді мекендерді сумен қамтамасыз ету үшін қолданылады.

Реагенттер суды өңдеу жобаланып отырған тазарту қондырғыларының ішінде аяқталатындай, өңделіп шыққан су тұтынушылардың талаптарына сәйкес келетіндей және су өзінің қасиетін әрі қарай өзгертпейтіндей етіп беріледі. Бұл үшін реагенттерді тазарту қондырғыларының басында енгізеді және арнайы құрылғылардың көмегімен реагенттің судың бүкіл көлемінде толық және тез араласуын қамтамасыз етеді. Кейбір өңдеу әдістерінде ғана (қайтадан бактериялық ластануды, коррозияны жою, фторлау) реагенттер тазартылған суға қосылады.

Өңделетін судың тазарту ғимараттарында ағуына байланысты, технологиялық сызбанұсқалар өздігінен ағатын және арынды (қысыммен) жүйелер болып жіктеледі. Бірінші түрінде ашық ғимараттар қолданылады, су өздігінен ағады.

Арынды жүйелерде жабық ғимараттар қолданылады, су сорғыш станциясынан берілетін қысым арқылы айналып отырады.

Су өздігінен ағатын тазарту қондырғыларымен жабдықталған, суды мөлдірлейтін, түссіздендіретін және залалсыздандыратын су тазарту станциясының сызбанұсқасы 1-суретте көрсетілген. Егер судың жағымсыз иісін және дәмін жою қажет болса сызбанұсқаға өзгерістер енгізіледі. Екі рет хлорлау немесе дехлорлау қарастырылады. Бұл жағдайда алдымен су қабылдағыш құдықтарда немесе сорғыш станцияларында бірінші рет хлорлайды. Мөлдірлеген соң, тұндырғыштардан немесе фильтрден соң, екінші рет хлорлайды.



1-сурет. Су тазарту ғимараттарының сызбанұсқалары

а) вертикальды тұндырғыштары және жылдам фильтрлері бар; б) мөлдірлегіштері және фильтрлері бар; в) горизонтальды тұндырғыштары және фильтрлері бар; г) контакталық мөлдірлегіштері бар; д) алдын ала фильтрлейтін фильтрлері және жай фильтрлері бар; 1 – бірінші биіктікке көтеретін сорғыш станциясы; 2 – араластырғыштар; 3 – реагенттер цехі; 4 – су айналымды ұлпақ түзілу камерасы; 5 – вертикальды тұндырғыш; 6 – жылдам фильтрлер; 7 – хлоратор; 8 – таза су резервуары; 9 – екінші биіктікке көтеретін сорғыш станциясы; 10 – мөлдірлегіштер; 11 – ұлпақ түзілу камерасы; 12 – горизонтальды тұндырғыштар; 13 – контакталы мөлдірлегіштер; 14 – алдын ала фильтрлейтін фильтрлер; 15 – жай фильтрлер

Хлордың артығын активті көмірдің гранулаларымен толтырылған адсорбциялық фильтр арқылы бөліп алады. Егер суды күкірт (IV) оксидімен немесе басқа да, химиялық реагенттермен дехлорлайтын болса, көмір фильтрлерінің қажеті жоқ. Суды залалсыздағыш реагенттер (әдетте хлор) бастапқы судың сапасына байланысты қосылады. Өңделмеген суда темірдің (II) және марганецтің (II) тұздары болса, екі рет хлорлау қажет (тұндырудың алдында және сүзгеннен соң).

Су жүйесінің сызбанұсқаларына тұрғылықты жердің бедерінің әсері бар. Табиғи су көздері су жүйесі құрылып жатқан мекен жайдан биікте орналасса (мысалы, таулы жерлерде), онда суды сорғыштарсыз-ақ жіберуге болады.

Тазарту ғимараттары кейін кеңейтуге болатындай етіп жинақталуы керек, бұл әсіресе ірі қалалар үшін өте маңызды.

Технологиялық сызбанұсқаларды таңдау, табиғи су көзінің сапасына және тұтынушылардың суға деген талаптарына ғана байланысты болып қоймай, сонымен қатар ол су тазарту станциясынан өтетін судың көлеміне де тәуелді болады.

Мөлдірлеу және түссіздендіру технологиялық сызбанұсқасын 6-кестеде берілген ұсыныстар бойынша жуықтап алуға болады.

2.3 Табиғи суларды тазарту технологиясында реагенттер қолдану

Суды жүзгіндерден тазартудың, судың түсін және лайлығын азайтудың практикада кең тараған әдістерінің біріне арнайы реагенттер (коагулянттар мен флокулянттар) қосу арқылы су қоспаларын коагуляциялау жатады. Су қоспаларын коагуляциялау судағы заттардың тұну жылдамдығын өсіру үшін жүргізіледі.

Қоспалардың коагуляциясы деп ұсақ коллоидты бөлшектердің молекула- аралық тарту күшінің әсерінен бір-біріне жабысу арқылы ірілену процесін айтады.

Коагуляция қаруланбаған көзге көрінетін агрегаттар (ұлпақтар) түзілуімен және оны сұйық ортадан бөліп алумен аяқталады.

Коагуляцияланғанда судың лайлығымен бірге, түсі де жақсарады. Сонымен қатар судағы бактериялар да қоспамен бірге тұнбаға түседі.

Коагуляцияның екі түрі бар: еркін көлемдегі коагуляция (ұлпақ түзілу камераларында) және контакталық коагуляция (түйіршікті загрузкада немесе жүзгіндер тұнбасының ішінде).

6-кесте

Су тазарту ғимараттарының құрамы
(СНжЕ 2.04.02-84)

Негізгі ғимараттар құрамы	Қолданылуға икемді жағдайлар		
	Судың сапасы		Станцияның өнімділігі $м^3$/тәу.
	жүзгін заттар, мг/л	түстілігі	
1	2	3	4
А. Суды реагентпен өңдеу			
1. Жылдам фильтрлермен			
1.1.Арынды фильтрлер	50-ге дейін	80^0-қа дейін	2000-ға дейін
1.2.Ашық фильтрлер	50 –« –	50^0-қа дейін	қандай да болмасын
1.3. Ірі түйіршікті фильтр-лермен болмашы тазалағанда	150 –« –	150 –« –	қандай да болмасын
1.4.Вертикальды тұндырғыштар мен фильтрлер	2500–« –	қандай болмасын	3000-ға дейін
1.5.Қалқыма тұнбалы мөлдірлегіш және фильтрлер	2500 –« –	қандай болмасын	3000-нан көп болғанда
1.6.Горизонтальды тұндырғыштар және фильтрлер	2500 –« –	қандай болмасын	30000-нан көп болғанда
1.7.Бірінші және екінші тұндырғыштар, фильтрлер	2500 артық	қандай болмасын	қандай да болмасын
1. Түйіскен мөлдірлегіштер	150-ге дейін	150-ге дейін	қандай да болмасын
3. Тұндырғыштар немесе мөлдірлегіштер, сәл тазалау үшін	2500-ге дейін	қандай болмасын	қандай да болмасын қандай болмасын
Б. Суды реагентсіз өңдеу			
1. Баяу фильтрлер			
1.1.Алдын ала тұнды-рылмаған сулар үшін	200-500-ге дейін	50-ге дейін	30000-ға дейін
1.2.Тұндырылған су немесе фильтрлерден өткізілген су	500-1000-ға дейін	–« –	–« –
2. Ірі түйіршікті фильтрлермен болмашы тазалағанда	150-ге дейін	150-ге дейін	қандай да болмасын

Суды тазартуға қолданылатын негізгі реагенттер мыналар:

- *Тазартылмаған күкірт қышқылды алюминий* $Al_2(SO_4)_3*nH_2O$ + SiO_2, құрамында 33% сусыз күкірт қышқылды алюминий және 23 % ерімеген қоспалар бар.

- *Тазартылған күкірт қышқылды алюминий* $Al_2(SO_4)_3*18H_2O$, құрамында 1%-тен көп емес ерімеген қоспалар бар.

- *Алюминий оксихлориді* $[Al_2(OH)_5Cl]*6H_2O$, (ОХА), жаңадан тұндырылған алюминий гидрооксидін 1 % тұз қышқылы ерітіндісінде еріту арқылы дайындалады. 35% ерітінді түрінде шығарылады.

- *Күкірт қышқылды темір* (темір купоросы) $FeSO_4*7H_2O$, құрамында кем дегенде 53 және 47 % сусыз $FeSO_4$ бар екі марка – «А» және «Б» түрінде шығарылады.

- *Хлорлы темір* $FeCl_3$, құрамында кем дегенде 98 % сусыз $FeCl_3$ бар.

Суға алюминий тұзын қосқанда, кальций және магний бикарбонаттарымен араласып, алюминий гидроксидін түзеді.

Араласу процесін мынадай реакция теңдеулерімен көрсетуге болады:

$$Al_2(SO_4)_3*18H_2O + 3Ca(HCO_3)_2 = 3CaSO_4 + 2Al(OH)_3 + 6CO_2$$
$$Al_2(SO_4)_3 + 3Mg(HCO_3)_2 = 3MgSO_4 + 2Al(OH)_3 + 6CO_2 .$$

Алюминий гидроксиді $Al(OH)_3$ оң зарядталғандықтан және өзі коллоидты затқа ұқсайтындықтан, ұлпақ түріндегі судағы коллоидты бөлшектердің зарядын бейтараптап, олармен қосыла тұнбаға түседі.

Жоғарыдағы теңдеулер аяғына дейін жүру үшін табиғи сулардың сілтілігін жасанды түрде арттыру керек болады. Мысалы ізбес қосқанда, мынадай реакциялар жүреді:

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)_2 = 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 .$$

Коагуляцияны темір тұздары арқылы жүргізгенде мынадай реакциялар жүреді:

$$FeSO_4*7H_2O + Ca(HCO_3)_2 = Fe(HCO_3)_2 + CaSO_4 + 7H_2O$$
$$Fe(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = Fe(OH)_2 + Ca(HCO_3)_2 .$$

Коагулянттың мөлшері судың лайлығына байланысты 7-кестеден алынады.

7-кесте

Коагулянттың судың лайлығына байланысты алыну мөлшері (СНжЕ 2.04.02-84)

Судың лайлығы, мг/л	Коагулянттың мөлшері, мг/л
100-ге дейін	25-35
200 - « -	30-40
400 - « -	35-45
600 - « -	45-50
800 - « -	50-60
1000 - « -	60-70
1500 - « -	70-80

Ескерту: аз мөлшердегісін үлкен шашыранды бөлшектер бар сулар үшін қабылдайды.

Түссіздендіру үшін коагулянттың мөлшерін Дк = 4 Т формуласы арқылы анықтауға болады. Мұнда Т-судың түсі, градуспен алынған.

Бастапқы судың сілтілігі төмен болса, коагуляция процесі жақсы жүруі үшін суды сілтілеу керек, ол үшін суға төмендегі өрнекпен анықталатын мөлшерде ізбес немесе сода қосылады:

$$Д_{щ} = К(0{,}0178*Д_{к} – Щ – 1),$$

мұнда $Д_{к}$ – сусыз күкірт қышқылды алюминийдің дозасы, мг/л; Щ – судың минимальды сілтілігі, мгˑэкв/л; К – коэффициент, ізбес (CaO бойынша) үшін 28 және сода (Na_2CO_3 бойынша) үшін 53. Егер $Д_{щ}$ (мг/л) мәні теріс болса, суды сілтілеудің қажеті жоқ.

Суға реагенттер қосқан кезде алынатын табиғи су көздерінің сапасын (температурасы, лайлығы, сілтілігі және т.б.) өте мұқият тексеріп алған жөн, дегенмен олардың сапасы құбылмалы болғандықтан, суға тек коагулянт қосу арқылы ғана белгілі бір нәтижеге жету мүмкін емес. Сондықтан, суды ағарту және түссіздендірудің қазіргі заманғы технологиясында, судағы коагуляция процесін тездететін, флокулянттар деп аталатын заттар қолданылады. Бұларға негізінен табиғи және синтетикалық органикалық жоғары молекулалы қосылыстар жатады.

- *Полиакриламид* (амид және акрил қышқылы тұздарының сополимері). 8 %-ті гель түрінде немесе 100 % гранулалы ұнтақ түрінде шығарылады. ПАА анион типті флокулянтқа жатады, оның судағы ерітіндісінің теріс заряды бар, сондықтан ПАА әдетте

минералды коагулянттармен бірге қолданылады, себебі дисперсті және коллоидты қоспалар да теріс зарядталған.

- *Амфотерлі флокулянттар*, сериялары «К-4» және «К-5». Бұлар – амфотерлі полифункциональды полимерлер, полиакрилонитрилдің натрий гидросидімен (К-4) немесе натрийдің моносиликатымен (К-6) әрекеттесуінің өнімі болып табылады.

Катиондар сериясының флокулянттары «ВА» (ВА-2, ВА-3, ВА-2Т, ВА-3М, ВА-102; ВА-212, ВА-400). Бұлар – төртіншілік аммоний негіздерінің тұздары болып табылады, өз бетінше әсер ететін органикалық коагулянттар ретінде де және сонымен бірге коагулянттар ретінде де қолданылады. Минералды коагулянттарға (алюминий мен темірдің тұздарына) қарағанда, «ВА» сериясы коагулянттарының тіпті аз мөлшерінің өзінің ағарту тиімділігі өте үлкен.

Л.А.Кульский активті кремний қышқылын (АК) қоса отырып, суды тазарту процесін 1,5–2 есе арттыруға, ал алюминий коагулянтының шығынын 25 пайыздай кемітуге болатынын дәлелдеді.

Полиакриламид те коагуляция процесін жеделдетіп, алюминий гидроксиді ұлпағының физика-химиялық қасиеттерін жақсартып, тез тұнбаға түсуін қамтамасыз етеді. Әдетте ПАА мөлшерін алюминий қоспасының 2–10 пайызындай етіп алады.

Суды өңдеуде айтылған коагулянт және флокулянттардан бөлек, оларға ізбес, активтендірілген көмір және басқа да заттар қосылуы мүмкін.

Реагенттер шаруашылығы. Реагенттер шаруашылығына коагулянттар мен флокулянттарды дайындайтын және оларды мөлшерлеп беретін қондырғылар жатады.

Суды өңдеуде пайдаланылатын реагенттер суға ұнтақталған, түйіршіктелген (құрғақ қоспа) немесе ерітінді түрінде (ылғал қоспа) қосылады.

Ылғал қоспа үшін станцияда дайын өнімге арналған қойма және аппарат-дозаторлар қарастырылуы керек. Егер суға реагенттер құрғақ түрінде қосылатын болса, онда оларды дайындайтын қондырғылар орнатылуы тиіс. Реагенттерді дайындайтын шаруашылық ерітуші және шығындаушы бактерден тұрады. Ерітуші бактерге салынған түйіршікті реагенттер су және ауа көмегімен араластырылып, ерітіледі де, бак түбіндегі керегелер арқылы өтіп, төменгі шығындаушы бөлімге түседі. Шығындаушы бакте реагент ерітіндісі жұмысшы концентрациясына (5–7 %) дейін сумен араластырылады да, дозаторлармен белгілі бір мөлшерде өңделіп жатқан суға жіберіледі. Реагенттерді еріту үшін сорғыштар немесе механикалық күректі араластырғыштар қолданылуы мүмкін.

Реагенттерді дайындау бактерін аз көлемді станцияларда ағаштан, пластмассадан, ал өнімділігі жоғары станцияларда темірбетоннан жасайды. Өнімділігі тәулігіне 1000 $м^3$ дейін болатын станцияларда реагенттер шаруашылығының бактері екінші қабатта орналастырылып, ол жерден реагент ерітіндісі суға өзі ағып барып қосылады. Өнімділігі одан да мол болатын станцияларда бактер үйдің бірінші қабатында құрылып, суға сорғыштар көмегімен жеткізіледі.

Дайындалған реагенттерді суға үш түрлі дозатарлар – тұрақты мөлшерлі, пропорционал және сорғыш-дозатар – көмегімен қосуға болады.

Пропорционал дозаторлар өңделетін судың сапасына байланысты реагент мөлшерін автоматты түрде өзгертіп тұра алады. Олардың жұмысы реагентті су мен реагентсіз судың электр тогын өткізу қабілеттіліктеріне негізделген.

Араластырғыштар. Мөлдірлеу және түссіздендіру процестерінің нәтижесі – қабылданатын реагенттер (коагулянт, флокулянт және т.б) мен өңделетін судың араласу жағдайына тәуелді болады. Араластыру үшін кәдімгі немесе арнайы қондырғылар-араластырғыштар гидравликалық немесе механикалық болып екі түрге бөлінеді. Іс жүзінде жиі қолданылып жүрген гидравликалық араластырғыштарға коридорлы, тесікті, қабырғалы, құйынды қондырғыларды жатқызуға болады. Араластырғыштың түрін тазартудың технологиялық сызбанұсқасына, станцияның үйлесіміне, оның өнімділігіне, сонымен қатар конструкциялық шешімдер негізінде таңдауға болады.

2.4 Суды тұндыру және мөлдірлеу процестерінің теориялық негіздері. Тұндырғыштар

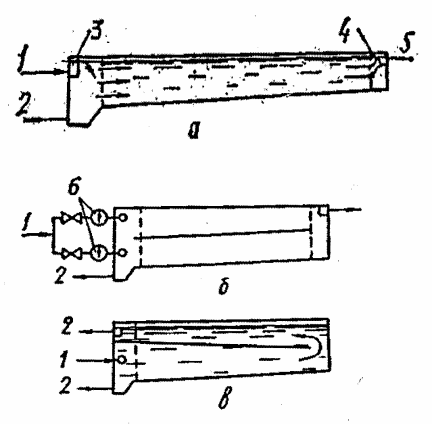
Судағы жүзгін бөлшектерді және коагуляцияланған ұлпақтарды бөлу ауырлық күші әсерінен жүреді. Жүзгіндердің негізгі бөлігін тығыздығы судың тығыздығынан артық, бөлшектерді гравитациялық тұндыру арқылы судан бөліп алу үшін арнайы қондырғылар – тұндырғыштар қолданылады.

Жүзгін заттардың тұнбаға түсуі судың ағу жылдамдығына, бөлшектердің пішініне, өлшеміне, тығыздылығына, судың температурасына байланысты болады. Тұндырудың бастапқы кезінде бөлшектердің тұнбаға түсуі жылдамырақ болып, ал уақыт өткен сайын кеми түседі. Сондықтан тұндырғыштарда судың мөлдірлік дәрежесін 70–85% шамасына дейін шамамен біліп, олардың өлшемін судың ағу жылдамдығы арқылы анықтайды. Шамамен лайлығы 50 мг/л-ге дейін

болатын сулар үшін судың ағу жылдамдығы 0,35–0,45 мм/с, ал 250 мг/л-ден жоғары болғанда 0,5–0,6 мм/с. Реагенттер қосылмаған сулар үшін 0,12–0,15 мм/с.

Тұндырғыштардың қазіргі конструкцияларының барлығы да (горизонтальды, вертикальды және радиальды) ағысты болып табылады, себебі жүзгіндердің тұнуы кірістен шығысқа дейінгі судың үздіксіз қозғалысы арқылы жүзеге асырылады. Сондықтан, тұндырғыштардағы судың жылдамдығы үлкен болмауы керек, мысалы, вертикальды тұндырғыштарда мм/секундтың ондық үлесімен өлшенеді, ал горизонтальды және радиальды тұндырғыштарда– бірнеше мм/с.

Горизонтальды тұндырғыштарда (2-сурет) тазаланатын су бірдей мөлшерде таратушы қалқа жәрдемімен ғимараттың ені мен тереңдігін бойлай жайлап аға бастайды. Ластаушы заттардан ажыратылған су тұндырғыштың екінші қарама-қарсы жағынан науа немесе тесік құбыры арқылы әкетіледі.



2-сурет. Горизонтальды тұндырғыштарда судың қозғалу бағыты

а) бір сатылы тіке ағатын; б) екі сатылы тіке ағатын; в) екі сатылы бұрылып ағатын; 1 – суды кіргізу; 2 – тұнбаны шығару; 3,4 – таратқыш және жинағыш науалар; 5 – тұнған суды шығару; 6 – су өлшегіштер

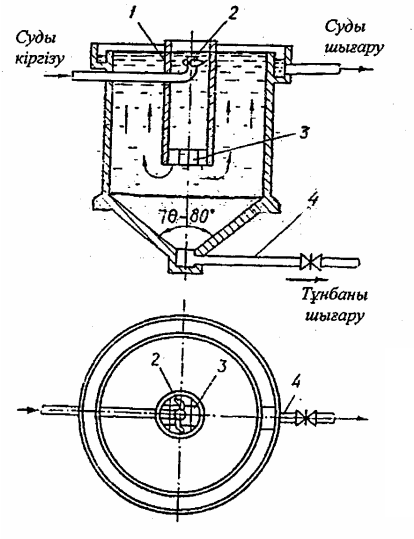
Тұндырғыштарды оқтын-оқтын жиналған тұнбалардан тазалап тұру қажет. Кейінгі кездері тұндырғыштар жұмысын тазалау уақытында тоқтатпау мақсатымен, тазалауды тұндырғыштың түбінде орнатылған тесік құбырлы гидравликалық жүйелер көмегімен жүргізеді.

Өнімділігі аз болатын су тазарту станцияларында вертикальды тұндырғыштар (3-сурет) қолданылып жүр.

Вертикальды тұндырғыштың түбі конус тәрізді болып, өзі дөңгелек келеді. Ортасындағы дөңгелек тік құбыр ұлпақ түзілу камерасы ретінде пайдаланылады. Тазаланатын су тік құбырдан шыққаннан кейін қалқанға соғылып, шығу науасына қарай ағады. Түбі конус тәрізді (тұнбаның жиналу аймағы) тұндырғыштардың түбіне тұнбалар жиналып, одан оқтын-оқтын су бағанасының қысымымен шығарылып отырылады.

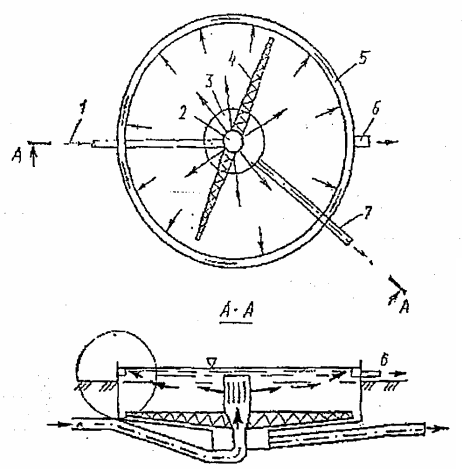
Судағы жүзгін заттар тұнбаға түсу үшін судың жоғары қарай ағу жылдамдығы (V), жүзгіндердің тұну жылдамдығынан (U) аз болғаны жөн. Бірақ та коагуляцияланған судағы заттардың судың турбулентті ағу арқасында бір-бірімен бірігіп, өз көлемін және тығыздығын арттыруы нәтижесінде V = U немесе V < U кем болуының ешқандай әсері болмайды.

Радиальды тұндырғыштар (4-сурет) лайлығы және көлемі үлкен суларды мөлдірлеу үшін қолданылады. Тұндырғыш түбінен тұнбаны механикалық жолмен жинап және шығарып тастау сумен жабдықтау жүйелерінде өте сирек қолданылады.



3-сурет. Вертикальды тұндырғыш

1 – ұлпақ түзілу камерасы; 2 – сопла; 3 – қайтарма қалқан; 4 – тұнба шығаратын құбыр



4-сурет. Радиальды тұндырғыш
1 – суды кіргізу; 2 – орталық құбыр; 3 – тұнба жинағыш; 4 – тұнбаны қыруға арналған айналмалы механизм; 5 –шеткі жинағыш науа; 6 – тазартылған суды шығару; 7 – тұнбаны шығару

Тұндырғыштарды жобалағанда басты міндет – тазартылатын судың құрамындағы жүзгіндердің негізгі массасын тұндыру. Тұндырғышта ұсталған жүзгіндердің пайызы (тұндырғыштардың жұмысының тиімділігі) төмендегі формула арқылы анықталады:

$$y = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \bullet 100\% \ , \qquad (2.1)$$

мұнда M_1 – тұндырғышқа түсетін судағы жүзгіндердің құрамы, мг/л;

M_2 – тұндырғыштан шығатын тазартылған судағы жүзгіндердің құрамы, мг/л. СНжЕ 2.04.02 – 84 бойынша тұндырғыштан шыққан судағы жүзгіндердің құрамы 8 – 12 мг/л-ден аспауы тиіс.

M_1 шамасы төмендегі формула арқылы анықталады:

$$M_1 = M_{\text{баст.}} + К*Д_к + 0{,}25*Ц + Щ \ , \qquad (2.2)$$

мұнда $M_{\text{баст.}}$ – тазарту қондырғысына түсетін бастапқы судағы жүзгіндердің ең көп мөлшері.мг/л;

$Д_к$ – сусыз өнімге қайта есептегендегі коагулянттың дозасы, мг/л.

К – түзілетін тұнбаның құрғақ затының салмағына коагулянттың салмағын ауыстыру коэффициенті.

Тазартылған күкірт қышқылды алюминий үшін К = 0,8; тазартылмаған күкірт қышқылды алюминий үшін К = 1; күкірт қышқылды темір және хлорлы темір үшін К = 0,8;

Ц – судың түсі, град;

Щ – СаО бойынша активтілігі 50 % техникалық ізбестің құрамындағы ерімеген қоспаларды есепке алғандағы ізбестің дозасы ($Д_{изв.}$).

$$Щ = Д_{изв.} \ (1 - 0{,}5).$$

2.5 Фильтрлеу

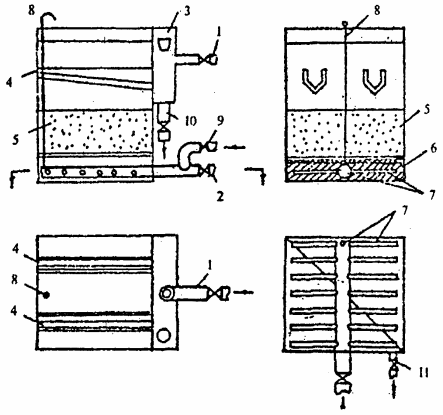
Суды жүзгіндерден тазартудың соңғы сатысы фильтрлеу. Фильтрлеу де судың сапасын белгілі бір талаптарға немесе ауыз суға қойылатын ГОСТ талаптарына сәйкестендіруге мүмкіндік беретін, суды тазартудың негізгі әдістерінің біріне жатады.

Фильтрлеу процесі жүргізілетін су тазарту қондырғыларын фильтрлер деп атайды. Тұндырылған суды соңына дейін мөлдірлеу және түссіздендіру үшін сүзгіш материалдар толтырылған фильтрлерден өткізеді. Әдетте фильтрлерде су жоғарыдан беріліп, фильтрлегіш материалдан өтіп, дренаж құбырларының көмегімен жинап алып кетіледі.

Су тазарту станцияларында көбінесе түйіршікті фильтрлер қолданылады. Бұл фильтрлер көптеген белгілері бойынша жіктеледі: 1) фильтрлеу жылдамдығына байланысты: баяу фильтрлер, жылдамдығы 0,1 – 0,3 м/сағ; жылдам фильтрлер, жылдамдығы 5 – 12 м/сағ; аса жылдам фильтрлер, жылдамдығы 25 – 50 м/сағ; 2) жұмыс істейтін қысымдарына байланысты: қысымсыз фильтрлер, қысымды фильтрлер; 3) фильтрлейтін материалдардың ірілігіне байланысты: ұсақ түйіршікті, орташа түйіршікті, ірі түйіршікті;

4) фильтрлейтін қабаттардың санына байланысты – бір қабатты, екі қабатты, көп қабатты.

Фильтрлердің конструкциясы 5-суретте бейнеленген.



5-сурет. Фильтр

1, 2 – су беруші және шығарушы құбырлар; 3 – жан қалтасы; 4 – жинағыш науа; 5 – фильтрлегіш материал қабаты; 6 – ұстап тұратын қабат; 8 – ауа шығарғыш; 9,10 – фильтрді жуатын суды беретін және жуған суды шығаратын құбырлар; 11 – фильтрді босату құбыры.

Фильтрлейтін қабат сорталған қатты материалдан жасалады. Бұрын ірілігі 0,5–2,0 мм аралығындағы өзеннің кварц құмы қолданылатын. Соңғы кезде санитарлық талаптарды қанағаттандыратын және химиялық, механикалық тұрақтылығы жеткілікті басқа материалдар – ұсақталған антрацит, ұсақталған және ұсақталмаған керамзит, вулкан шлагы, ұсақталған шунгизит, домна шлагы, пенополистирол және т.б. қолданылуда.

2.5.1 Баяу фильтрлер

Баяу фильтрлер суды реагентсіз тазарту және түсі 50 градустан аспағанда жер үсті су көздерін түссіздендіру үшін қолданылады.

Баяу фильтрлеу әдісі суды тазартудың жоғары дәрежесін қамтамасыз етеді, реагент қолдануды қажет етпейді. Суды тазарту бағасы жылдам фильтрлерде реагент қолданып тазарту әдістеріне қарағанда, 3– 5 есе арзан.

Түсі жоғары суларды тазарта алмайтындығы, бағасының жоғарылығы, фильтрлеу қабатын тазартудың күрделілігі және ауданының үлкендігі баяу фильтрлердің кемшіліктеріне жатады. Сондықтан бұл фильтрлер кең қолданыс таппаған, аудан орталықтарын, ауыл шаруашылық өнімдерін өңдейтін кәсіпорындарды сумен жабдықтау үшін ұсынуға болады.

Баяу фильтрлеген кезде фильтрдің бетінде жүзгіндерден қабықша түзіледі, бұл қабықша суды жоғары дәрежеге дейін тазартуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар қабықша бактерияларды ұстап қалады, суды залалсыздандыруға мүмкіндік береді.

Фильтрдің қалыпты жұмысы кезінде су толық түссізденеді, түсі 15–20%-ке төмендейді, бактериялар мөлшері (оның ішінде іш ауру таяқшалары) 90–95%-ке азаяды, тотығуы 20–40-ке төмендейді, аммиак, азот қышқылы, оттек түгелдей бөлінеді.

Баяу фильтрлер төрт бұрышты немесе дөңгелек, темірбетоннан немесе кірпіштен жасалған резервуарлар. Фильтрдің түбінде дренаж орнатылған, оның үстіне ұстап тұратын қабат салынған. Бұл қабаттың үстіндегі фильтрлегіш қабат кварц құмымен толтырылған.

Фильтрдің бүкіл жұмыс істеу уақыты кезінде суды жоғары сапамен тазарту үшін, суды тұрақты жылдамдықпен фильтрлеу керек. Құм үстіндегі судың биіктігін 1,5 м деп алады.

Баяу фильтрдің дренажын көбінесе бетон бағаналарға бекітілген тесікті бетон плиталардан жасайды. Ұстап тұратын қабатты қиыршық тастардан және ірі құмнан, ірілігінің кішіреюіне қарай дренаждың үстіне салады. Фильтрлегіш қабат түйіршіктерінің размерлері 0,3–1 мм

болатын жуып тазартылған кварц құмымен толтырылады. Фильтр механикалық жолмен тазартылатын болса, фильтрлегіш қабаттың қалыңдығын 0,8 м етіп алады, ал егер қолмен тазартылатын болса 1,2 метрге дейін өсіреді. Бұл фильтрлегіш қабаттың беткі бөлігін алып тастап, құм қоспай-ақ қабаттың қалыңдығы 0,8 метрге дейін азайғанша фильтрді жуа беруге мүмкіндік береді. Одан соң фильтрді бұрынғы мөлшеріне дейін жуылған құммен қайтадан толтырады. Қолмен тазартқанда, әдетте құмның беткі 2–3 см қалыңдығын фильтрлегіш қабықшамен бірге алып тастайды да, жууға жібереді, ал фильтр қайтадан жұмысқа қосылады. 10–12 рет тазартылғаннан кейін, құм қабатының қалыңдығы 80 см-ге азаяды, одан соң құм қабатының қалыңдығын бастапқы мөлшеріне жеткізіп, бетіне қосымша таза құм салынады. Шамамен 20 рет қайталағаннан кейін бүкіл құм қабатын жуу қажет.

Соңғы кезде баяу фильтрлерді тазартудың жетілдірілген әдістері жасалуда.

2.5.2 Жылдам фильтрлер

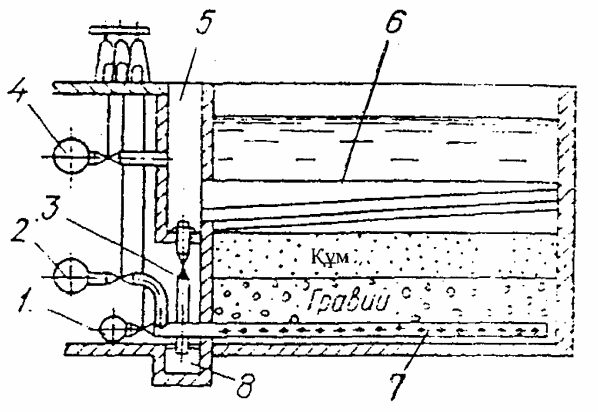
Жылдам фильтрлердің сүзу жылдамдығы баяу фильтрлерге қарағанда 40–50 есе артық, яғни 10 м/сағ-қа жетеді. Жылдам фильтрлер суды мөлдірлеу, түссіздендіру үшін қолданылады.

Үлкен жылдамдықпен істейтін фильтрдің ластануы да тезірек болады. Сондықтан бұларды тәулігіне 2–3 рет жуып тұру қажет. Жиі жуылып тұратын уақытты барынша кемітіп, жуу тәсілдерін жетілдірген жөн.

Жуу негізінен фильтрдің түп жағынан дренаж құбырлары арқылы берілетін судың көмегімен жүзеге асырылады. Жуатын судың жылдамдығы өте үлкен болатындықтан (фильтрлеу жылдамдығынан 7–10 есе үлкен), ол қиыршық тас және құм қабаттарын қозғалысқа келтіріп, шайқап, жуып, олардың төселу биіктігін үлкейтеді. Жуу уақыты 5 минутқа созылады.

Ауданы 30 $м^2$ дейін болатын жылдам фильтрдің конструкциясы 6-суретте бейнеленген.

Су алдымен жан қалтаға түседі, одан соң фильтрдің резервуарына құйылады. Құмның үстіндегі су қабатының қалыңдығы 2 метрден кем болмауы керек. Фильтрлеу кезінде су фильтрлегіш қабат және ұстап тұратын қабат арқылы өтіп, таратқыш жүйеге түседі, одан соң таза су резервуарына құйылады.



6-сурет. Жылдам фильтр

1 – тазартылған (мөлдірленген) суды шығару; 2 – жуатын суды кіргізу; 3 – жуған лас суды шығару; 4 – мөлдірленетін суды кіргізу; 5 – таратқыш қалта; 6 – науа; 7 – дренаж жүйесі; 8 – канализациялық канал

Фильтрді жуған кезде жуатын су алдымен таратқыш жүйеге түседі, одан соң фильтрлегіш қабатқа төменнен жоғары қарай көтеріледі, фильтрлегіш қабатты кеңітеді. Жинағыш науаға жеткенде, фильтрді жуған су құрамындағы фильтрлегіш материалдан жуылған ластаушы заттарымен бірге науаға құйылып, одан соң жан қалтаға түседі де фильтрден шығарылады.

Фильтрлеудің есептелген жылдамдығын (6–10 м/с) және фильтрлегіш қабаттың қалыңдығын (0,7–2,0 м) фильтр түйіршіктерінің ірілігіне байланысты (0,5–2,0 мм), СНжЕ-ге сәйкес таңдап алады.

Фильтрлегіш материалдардың керекті қуыстылығы, мықтылығы болуы қажет және химиялық заттарға төзімді болуы шарт. Бұл талаптарға кварц құмы сәйкес келеді. Сондықтан ол негізгі фильтрлегіш материал болып табылады. Фильтрлегіш қабат іріктелген материалдан, көбінесе ірілігі 0,5–2,0 мм аралығындағы өзеннің кварц құмынан жасалынады. Санитарлық талаптарға сәйкес келетін, жеткілікті химиялық тұрақтылығы және механикалық беріктігі бар басқа материалдар да (ұнтақталған антрацит, керамзит, керамика үгіндісі, ұнтақталған мрамор, полимерлер және т.б.) қолданылуы мүмкін.

Фильтрлеу кезінде агрегаттық күйі тұрақты емес су қоспаларының фильтрлегіш қабаттың бетіне адсорбциялануы жүреді. Фильтрлеу жылдамдығы үлкен, фильтрдің түйіршіктері ірі және

жүзгін заттардың размерлері кіші болған сайын фильтрде ұсталынатын ластаушы заттардың фильтр қабатына сіңірілу тереңдігі де өседі.

Фильтрлегіш қабаттың астыңғы жағында ұстап тұратын қабат (0,45–0,5 м) орналасқан. Бұл қабат фильтрлегіш қабаттың ұсақ материалдары фильтрленген сумен бірге шайылып кетпеу үшін салынған. Ұстап тұратын қабаттың кемшілігі – фильтрді жуған кезде жылжып кетуі мүмкін.

Фильтрдің негізгі элементтерінің бірі – таратқыш жүйе. Ол фильтрленген суға фильтрдің түйіршіктерін қоспай, суды жинап, шығарып тұруы керек. Ең кең таралғаны құбыр тәрізді таратқыш жүйелер – диаметрі 10–12 мм тесіктері бар, шойын, асбестцементті және болат құбырлар.

Судағы жүзгін заттардың ұсталу тиімділігі негізінен сол заттардың өлшеміне, сүзгіш материалдарының ірілігіне және сүзу жылдамдығына байланысты болады.

Сүзілу жылдамдығы деп – судың құм қуыстарынан өтетін жылдамдығын алмай су бағанасының фильтр бетінен өтетін тік жылдамдығын айтамыз.

Фильтрлеу жылдамдығы:

$$V = Q/w\,,$$

мұнда Q – фильтрден өтетін су мөлшері; w – фильтрдің ауданы.

Фильтрде ұсталынатын заттардың мөлшері мен фильтр материалдарының ірілігінің арасында белгілі бір байланыс бар. Сүзгіш материал қаншалықты ұсақ болса, онда сүзілу жылдамдығы соншалықты баяу болуы тиіс. Ұсақ фильтрде ұсақ заттар ұсталыналды. Керісінше ірі фильтрлерде сүзілу жылдамдығы үлкен болады.

Жүзгін және коллоидты заттардың судан бөлініп шығып, фильтрлейтін қабаттың түйіршіктеріне бекітілуі жабысу күшінің (адгезия) әсерінен жүреді. Түйіршік қабатында түзілген тұнбаның структурасы тұрақсыз. Су қозғалысымен пайда болатын гидродинамикалық күштердің әсерінен, бұл структура бұзылады және бекітілген бөлшектердің бір бөлігі түйіршіктерден ұсақ ұлпақтар түрінде бөлініп шығады да, келесі қабатқа өтеді, қайтадан ұсталады. Фильтрдің жеткілікті ұзақ жұмысынан кейін, түйіршіктердің тұнбаны ұстауы шегіне жетеді, ол одан әрі суды тазарта алмайды, фильтрден шыққан суда жүзгіндердің концентрациясы өсе бастайды.

Берілген түйіршіктің қажетті тазарту дәрежесіне дейін суды ағарта алу қабілеті фильтрдің қорғаныс әсерінің уақыты (ұзақтығы) деп аталады. Осы уақыт өтпегенше, фильтрден шығатын судың сапасы қажетті талапқа сай келеді. Қорғаныс әсерінің ұзақтығы

түйіршіктер қабаты қалыңдаған сайын өседі, фильтрлеу жылдамдығы және түйіршіктердің размерлері өскен сайын азаяды.

Суспензияларды фильтрлеген кезде түйіршіктерде жиналған тұнба, түйіршіктер саңылауларының геометриялық структурасын өзгертеді. Бұл өз кезегімен, түйіршікті қабаттың гидравликалық кедергісінің өсуіне және ондағы қысымның азаюына әкеледі.

Фильтрден өтетін су барлық жағынан, яғни мөлдірлігі, түсі және т.б. ауыз су талабына сәйкес келе алады, тек бактериялық ластануы жағынан жеткіліксіз.

2.5.3 Өте жылдам фильтрлер

1933 жылы совет ғалымы Г.Н.Никифоров өте үлкен жылдамдықпен өткізетін фильтрдің конструкциясын мұқият тексеріп, су тазарту технологиясында қолдану мүмкіндігін анықтады. Бұл фильтрлер тазартылатын судың сапасына жоғары талаптар қойылмайтын кезде (өндіріс мұқтаждары үшін) қолданылады.

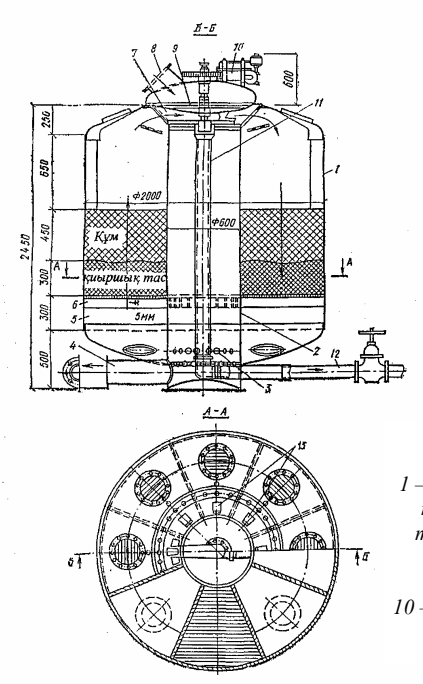
Фильтр (7-сурет) металдан жасалған цилиндрлі резервуардан тұрады. Сыртқы цилиндрдің «А» ішіне екінші диаметрі одан кішірек болатын «В» цилиндр орналасқан. Екі цилиндр арасы радиальды түрде сегізге бөлінген. Әр бөлік жылдам фильтрлер тәрізді фильтрлегіш және ұстап тұратын қабаттан тұрады.

Су напорлы құбырмен (8) фильтрдің жоғарғы жағындағы таратқыш камераға (9) келіп, терезе немесе тесіктер (3) арқылы сегіз бөліктің біреуінен басқаларының (суретте штрихталған) барлығына жіберіледі. Сүзіліп өтілген су тесіктер арқылы орталық цилиндрге келіп түседі де, одан напорлы құбыр (4) көмегімен алынып кетіледі. Фильтрдің үстінде орнатылған электродвигатель көмегімен алып келінетін құбырша (7) кезекпен әр бөлік үстіндегі терезеге (3) келіп тоқтайды.

Жеті бөлік жұмыс істеп тұрған кезде, терезе алдында құбырша (7) тоқтаған сегізінші бөлікке тазаланатын су берілуді тоқтатып, төменде орналасқан түп аралық қуыстан (5) напормен төменнен жоғары қарай жуатын су жібереді және фильтрдің осы бөлігі жуылады. Жуған лас су құбырмен (12) алып кетіледі.

80 минут жұмыс уақытының 71 минуты фильтрлеу жұмысына кетсе, онда 6 минут жууға, ал 3 минут жууға дайындау жұмыстарына кетеді.

Өте жылдам фильтрлердегі сүзу жылдамдығы 25–50 м/сағ, кейде 100 м/сағ-қа дейін жетеді.



7-сурет. Өте жылдам фильтр

1 – цилиндр тәрізді резервуар; 2 – диаметрі кіші екінші цилиндр; 3 –терезе, немесе тесіктер; 4, 8 – напорлы құбыр; 5 – түп аралық қуыс; 6 – дренаждың түбі; 7 – құбырша; 9 – таратқыш камера; 10 – электродвигатель; 11 – орталық құбыр; 12 – лас суды шығаратын құбыр

2.6 Суды залалсыздандыру әдістері

Ауыз су мұқтажына берілетін су құрамында адамдардың денсаулығына зиянды нәрселер, әсіресе ауру қоздырушы микробтар болмауы керек. Суды коагуляция, әрі қарай мөлдірлеу және түссіздендіру әдістерімен өңдеген кезде, ондағы бактериялардың 95 % жойылады. Алайда олардың қалған бөлігі ауру таратушы вирустар мен бактериялар болуы мүмкін. Сондықтан фильтрленген суды, ол әрі қарай шаруашылық-ауыз су мақсатында қолданылатын болса, міндетті түрде залалсыздандыру қажет. Жер асты сулары көбінесе залалсыздандырмай қолданылуы мүмкін.

Суды залалсыздандырудың көптеген әдістері бар, олар негізгі төрт топқа бөлінеді:

- термиялық әдіс – суды 12–20 минут бойы қайнату, осы кезде ұрықсыз микроорганизмдердің барлығы өледі; ал микроорганизмдердің ұрығын жою үшін суды 120^0С дейін қыздыру керек;
- суды тотықтырғыштармен залалсыздандыру – күшті тотықтырғыштар клеткалардың энзимдерін (ферменттерін) тотықтыра

отырып, бактерияларды өлтіреді. Суды залалсыздандыру үшін тотықтырғыштар ретінде хлор, бром, иод, хлор диоксидін, озон, калий перманганатын, сутектің асқын тотығын қолданады;

- олигодинамиялық, асыл металдардың иондарының әсерімен залалсыздандыру – мысалы, суды күміс иондарымен өңдеу;

- физикалық әдістер – ультракүлгін және иондағыш сәулелердің әсерімен, ультрадыбыстың әсерімен залалсыздандыру.

Аталған әдістердің арасында ең кең таралған әдіс – күшті тотықтырғыштармен әсер ету. Тотықтырғыштардың арасында ең кеңінен қолданылатындары – хлор, озон және натрий гипохлориті.

2.6.1 Суды хлорлау

Залалсыздандырудың кең тараған әдістерінің бірі хлорлау. Суға хлор қосқанда бактерия протоплазмаларының құрамына кіретін заттар тотығады да, бактерия жойылады. Хлор және оның туындыларының әсерінен судағы бактериялар өледі. Хлор органикалық қосылыстарды да тотықтырады, сондықтан суды хлорлау әдісі суда микроорганизмдердің таралуын болдырмайтын, эпидемия болуын тоқтататын сенімді әдіс. Патогенді бактериялардың көпшілігі – тиф және дизентерия бациллалары, холера вибриондары, энцефалит вирустары хлор әсеріне өте тұрақсыз. Алайда бұл әдістің кемшілігі, ұрық түзетін бактериялар хлор арқылы жойылмайды. Хлорлау әдісінің тиімділігі енгізілген хлордың мөлшеріне және оның сумен контакт уақытына байланысты. Микроорганизмдерді тотықтыруға қосылған хлордың аз мөлшері жұмсалады, басым бөлігі судың құрамындағы органикалық және минералды қоспаларды тотықтыруға кетеді. Сондықтан енгізілген хлордың мөлшері судың хлор сіңіргіштігінен судағы қалдық хлор мөлшерінен үлкен болуы тиіс. ГОСТ 2874 – 82 «Ауыз су» бойынша қалдық хлор мөлшері 0,5 мг/л-ден көп болмауы және 0,3 мг/л-ден аз болмауы керек. Су тарату жүйелерінде бактерицидті тиімділікпен суды хлорлау жалғыз сенімді әдіс болып табылады. Хлордың суды залалсыздандыру әсері хлорды қосқан жерден бастап, тұтынатын жерге дейін сақталады. Суды сапалы хлорлау үшін жақсы араластыру керек, одан соң суды тұтынушыларға берместен бұрын, сумен 30 минут контактада болуы керек. Контакт фильтрленген судың резервуарында немесе су құбырының ұзындығы жеткілікті болса, су құбырында болады.

Суды хлорлаудың негізі, хлорды суға қосқан кезде оның гидролизі жүретіндіктен:

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HCl + HClO. \qquad (2.3)$$

Түзілген хлорлы қышқыл гипохлорит ионын түзіп диссоциаяланады (Ю.Ю. Лурьенің қызметкерлерімен бірге гипотезасы). Хлорлы қышқылдың диссоциациялану дәрежесі судың pH мәніне байланысты. Хлорлы қышқылдың өзі де, гипохлорит ионы да (OCl^-) микроорганизмдерге тотықтырғыш әсер етеді.

Хлордың орнына хлорлы ізбес қолданса төмендегі реакция жүреді:

$$2Ca(OCl)_2 + 2\,H_2O \leftrightarrow CaCl_2 + Ca(OH)_2 + 2HClO.$$

Хлорлы қышқылдың диссоциациясы әрі қарай жоғарыдағы механизм бойынша жүреді.

Хлорлау тиімділігі енгізілген хлордың мөлшеріне және оның сумен контакт уақытының ұзақтығына байланысты.

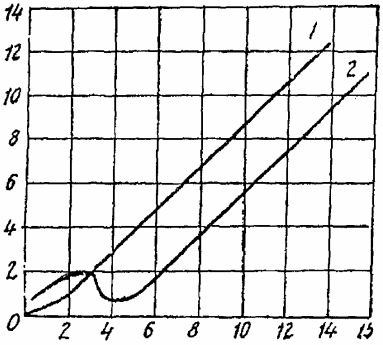
Микроорганизмдерді тотықтыру үшін суға енгізілген хлордың аз ғана мөлшері жұмсалады, ал басым бөлігі судың құрамындағы органикалық және кейбір минералды қоспалармен реакцияға түсуге жұмсалады. Бұл реакциялардың жылдамдығы көптеген факторларға байланысты, сондықтан микроорганизмдерді, органикалық және бейорганикалық қоспаларды тотықтыруға жұмсалатын хлордың қосынды шығынына тең болып табылатын судың хлор сіңіргіштігі, енгізілген хлордың мөлшеріне, контакт уақытының ұзақтығына, судың температурасына, pH-ына байланысты өзгеріп тұратын ауытқымалы шама (9-сурет).

Енгізілген хлор мөлшері судың хлор сіңіргіштігі мөлшерінен қалдық хлор мөлшеріне үлкен болуы керек. Суды залалсыздандыратын хлордың мөлшерін анықтағанда, судағы органикалық және минералды қоспаларды тотықтыруға жұмсалатын хлор мөлшері есепке алады. Осыны есепке алғанда, суды залалсыздандыратын хлор мөлшері қалу керек. Енгізіліп отырған хлордың мөлшері өскен сайын, қалдық хлордың концентрациясы да өседі.

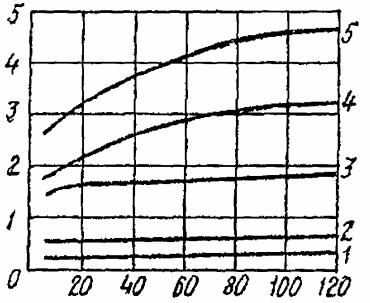
Енгізілген хлор мен қалдық хлордың концентрациясының арасындағы байланыс түзу сызықты, бірақ судың құрамында аммиак болуы қисықты күрт өзгертеді. Бұл жағдайда қисықта анық көрінетін максимум мен минимум пайда болады. (8-сурет).

Екінші қисықтағы бірінші сыну нүктесі – максимум, тотығу-тотықсыздану потенциалы хлорға қарағанда төменірек монохлораминнің (NH_2C1) түзілуіне сәйкес келеді. Монохлораминнің де залалсыздандырғыш қабілеті бар, судағы қоспаларды тотықтыруға аз жұмсалады. Егер хлордың мөлшері монохлорамин түзілуге керекті мөлшерден артық болса, онда

түзілген монохлорамин хлормен тотыға бастайды да, судағы хлордың артық мөлшері азайып кетеді. Бұл процеске қисықтағы екінші сынық нүктесі – минимум сәйкес келеді. Судағы қалдық хлор мөлшерінің күрт төмендеп кетуі мүмкін болғандықтан, қажетті хлор дозасын тәжірибе арқылы анықтап, өте мұқият таңдап алу керек.



8-сурет. Қалдық хлор мөлшерінің суға енгізілген хлордың дозасына тәуелділігі:
1 – аммиак жоқ кезде;
2 –аммиактың мөлшері 0,5 мг/л



9-сурет. Судың хлор сіңіргіштігінің хлордың сумен беттесу уақытына тәуелділігі:
Хлордың дозалары, мг/л: 1 -0,5;
2 – 0,75; 3 – 2,0; 4 – 4,0; 5 – 20,0

Бастапқы судың сапасына байланысты әр түрлі хлорлау режимдері қолданылады. Құрамында органикалық заттар мен бактериялар азырақ табиғи суларды фильтрленген соң таза су резервуарының алдында бір рет хлорлайды. Бұл жағдайда әдетте, 0,5–2 мг/л арасында минимальды дозамен хлорлайды. Егер табиғи судың құрамында балдырлар мен органикалық заттар көп болса және судың түсі көп болса, көбінесе екі рет хлорлайды. Бұл жағдайда хлорды алдымен, ұлпақ түзілу камерасының алдында, одан соң таза су резервуарының алдында фильтрленген суға қосады.

Алдын ала хлорлаудың (тұндырудың алдында) мақсаты – коагуляция процесіне кедергі келтіретін органикалық заттарды тотықтыру, сондай-ақ коагулянтты үнемдеу үшін, суға түс беретін гуминді заттарды тотықтыру. Фильтрленген суға енгізілетін хлор мөлшеріне қарағанда, алдын ала хлорлауға қолданылатын хлордың дозасы кәдімгідей көп, кейде 10 мг/л дейін жетеді. Кейде суды хлордың жоғары дозасымен хлорлау, яғни, артық хлорлау қажеттігі туады. Артық хлорлау қалыпты хлорлаумен суды жеткілікті залалсыздандыра алмаған кезде немесе судың қолайсыз дәмі мен исін жою үшін қолданылады. Мысалы, судың құрамында фенол

қосылыстары болса, қолайсыз дәм пайда болады. Артық хлорлау кезінде суға дәм беріп тұрған органикалық қосылыстар тотығады, дәм жойылады. Артық хлорлау процесінен кейін қалдық хлордың мөлшері үлкен (1–10 мг/л) болғандықтан, суды дехлорлау керек. Дехлорлау үшін натрий сульфитін, күкіртті газды және активті көмірді қолданады. Натрий сульфитімен және күкіртті газбен дехлорлау, осы заттардың хлормен химиялық тотығу реакциясына негізделген. Натрий сульфитімен дехлорлау процесі төмендегі теңдеу бойынша жүреді:

$$Na_2SO_3 + H_2O + C1_2 = Na_2SO_4 + 2HC1.$$

Күкіртті газбен суды дехлорлау мына теңдеуге сәйкес жүреді:

$$SO_2 + 2H_2O + CI_2 = H_2SO_4 + 2HCI$$

Активті көмір қабатымен фильтрлеу арқылы да суды дехлорлауға болады, себебі активті көмір хлорды өзіне сіңіреді. Бұл әдісте қосымша реагент қосудың қажеті жоқ.

Хлорды хлораторларда дозалайды. Олар жұмыс істеу принциптері бойынша вакуумды және қысымды болып бөлінеді. Қысымды хлораторлардың кемшілігі, мұнда газ түріндегі хлор атмосфералық қысымнан жоғары қысымда болады, сондықтан өте улы газ сыртқа шығып кетуі мүмкін. Вакуумды хлораторлардың мұндай кемшілігі жоқ.

Хлор станцияға баллондарда сұйытылған түрде жеткізіледі, сосын аралық баллондарға құйылып, газ күйіне өтеді. Хлоратордың көмегімен газ күйіндегі хлор құбырдағы жалпы су құбырына қосылатын, хлорлауға арналған тасымалданатын суда хлор суын түзіп, ериді.

Хлор улы газ болғандықтан, хлорлау қондырғыларын жобалағанда қажетті қауіпсіздік шараларын қарастыру қажет. Хлор улы газ болғандықтан, оны тасымалдау қиын, сондықтан ауылдық жерлерде, шағын елді мекендерде суды хлорлау үшін натрий немесе кальций гипохлориті қолданылады.

Суды хлорлы ізбеспен $CaOC1_2$ хлорлағанда, ол кальций гипохлоритіне $Ca(OC1)_2$ және хлорлы кальцийге $CaCI_2$ ыдырайды. Кальций гипрохлоритінің судың құрамындағы көмір қышқылымен немесе кальций бикарбонатымен әрекеттесуі реакциясының нәтижесінде, газ түріндегі хлормен хлорлағандағы сияқты, хлорлы қышқыл түзіледі. Хлорлы қышқыл гипохлорит ионын $OC1^-$ түзіп диссоциацияланады. Хлорлы қышқыл және гипохлорит ионы бактерицидті әсер етеді. Хлорлауға қажетті 1–1,5 % хлорлы ізбес

ерітіндісін коагулянттар ерітіндісін дайындаған жолмен дайындайды. Ерітіндіні дозалауға қажетті қондырғы да бірдей. Хлорлы ізбестің коррозиялық әсері күшті болғандықтан, ерітінді дайындау үшін ағаш немесе темірбетонды ыдыстар қолданылады, ал арматуралары мен құбырлары полиэтиленнен немесе винилпласттан жасалуы керек.

2.6.2 Суды озондау технологиясы

Озон бір мезгілде бактерияларды, ұрықтар мен вирустарды жоятын күшті тотықтырғыш. *Суды озондау* – суды озонмен залалсыздандыру процесі, озон ыдырағанда түзілетін атом түріндегі оттегі бактерияларды тотықтырады. Озон сонымен қатар, судың түсін, исін азайтады, судың дәмдік сапасын жақсартады. Озон судың табиғи қасиеттерін өзгертпейді, себебі оның артық мөлшері (реакцияға түспеген озон) бірнеше минуттан соң ыдырап, оттегіне айналады. Озон молекуласы өте тұрақсыз, оттек атомына және молекуласына оңай ыдырайды (диссоциацияланады):

$$O_3 \leftrightarrow O_2 + O - 100{,}56 \text{ кДж};$$
$$\underline{O + O_3 \leftrightarrow 2O_2 + 398{,}05 \text{ кДж};}$$
$$2O_3 \leftrightarrow 3O_2 + 297{,}49 \text{ кДж}.$$

Судың температурасы, минералдылығы және pH мәні өскенде, озонның ыдырау дәрежесі де өседі.

Озондау арқылы ағынды суларды фенолдардан, мұнай өнімдерінен, күкіртті сутектен, мышьяк қосылыстарынан, БАЗ, цианидтерден, бояулардан, канцерогенді ароматты көмірсутектерден, пестицидтерден және т.б. заттардан тазартуға болады.

Озон – атмосфераның жоғарғы қабаттарында орналасқан. Таза озонның жарылыс қаупі бар, себебі ол ыдыраған кезде көп жылу бөлінеді, өте улы газ. Жұмыс зонасының ауасындағы озонның шектеулі рұқсат етілген мөлшері 0,0001 мг/м^3 тең. Озонның залалсыздандырғыш әсері оның күшті тотықтырғыш қабілетіне негізделген. Озон алтыннан басқа металдардың барлығын да олардың тотықтарына айналдырып тотықтырады.

Су ерітіндісінде ауаға қарағанда тез диссоциацияланады, әлсіз сілтілік ерітінділерде өте тез диссоциацияланады. Қышқыл ерітінділерде озон тұрақты. Таза құрғақ ауада озон өте баяу ыдырайды.

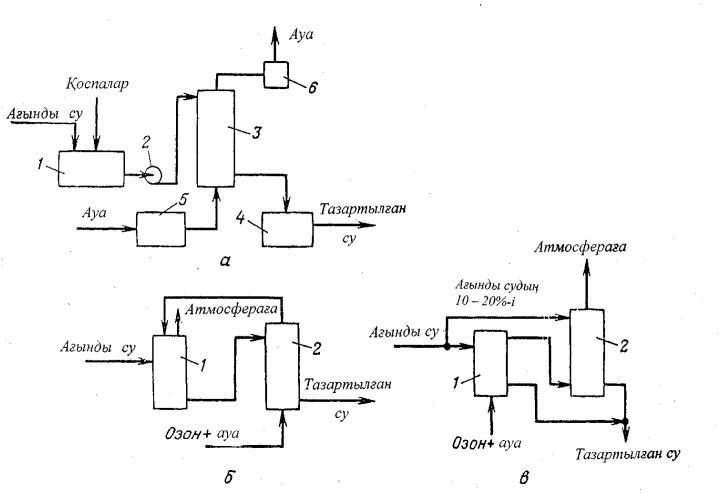
Суды озонмен өңдегенде органикалық заттар ыдырайды және су залалсызданады, суды хлормен өңдеуге қарағанда, бактериялар бірнеше мың есе тез өледі.

Тотығу процесіндегі озонның әсері әр түрлі үш бағытта жүруі мүмкін: оттектің бір атомының қатысуымен тікелей тотығу; озонның тұтас молекуласының тотығатын затқа озонид түзілу арқылы қосылуы; озондалған ауаның құрамындағы оттегінің тотықтыру әсерін катализатор ретінде күшейту.

Озонды суға енгізгенде екі негізгі процесс жүреді – тотығу және дезинфекция. Сонымен қатар су еріген оттегімен біраз қанығады. Заттар тікелей және тікелей емес тотығады, сондай-ақ катализ және озонолиз жүруі мүмкін.

Тікелей тотығу реакциясына озондағаннан кейін ерімейтін гидроксидтер түрінде тұндырылатын немесе диоксидтер мен перманганаттарға айналдырылатын кейбір органикалық және минералды заттар (Fe^{2+}, Mn^{2+})

тобының тотығуын мысалға келтіруге болады.



10-сурет. Ағынды суларды озонмен тазарту қондырғыларының сызбанұсқалары

а – бір сатылы: 1 –араластырғыш; 2 –насос; 3 –реактор; 4 –жинақтағыш; 5 –озонатор қондырғысы; б –шығарылған газдарды тазарту блогы; б) екі сатылы, алдын ала озондау; в) екі сатылы, ағынды суды екі ағысқа бөлу арқылы: 1, 2 - реакторлар

Тікелей емес тотығу – озонның газ фазасынан сұйыққа өтіп, өздігінен ыдырауы нәтижесінде түзілетін радикалдармен, мысалы, ОН тобымен және басқа да топтармен тотығу. Тікелей емес тотығу процесінің жылдамдығы ыдыраған озон мөлшеріне тура пропорционал

және судың құрамындағы ластаушы заттардың мөлшеріне кері пропорционал.

Озонолиз – озонның қос және үш көміртек байланысына бекітілуі болып табылады. Ол әрі қарай озон сияқты тұрақсыз қосылыс болып табылатын озонид түзіп ыдырайды.

Озонокатализ – озондалған ауаның құрамындағы оттектің тотықтыру қабілетін күшейтуге негізделген, озондаудың каталитикалық әсері.

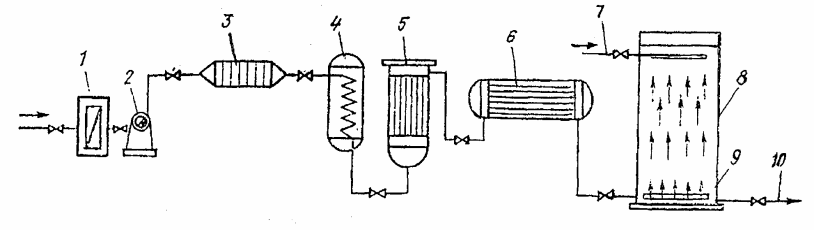
Озонды ағынды суға озон-ауа қоспасы түрінде енгізеді. Қоспадағы озонның концентрациясы – 3 % шамасында. Ағынды суларды озондау арқылы тазарту қондырғыларының технологиялық сызбанұсқалары (10-суретте) көрсетілген.

Қондырғыларда реактордан шығарылған газдарды озон қалдығынан тазарту қарастырылған. Бір сатылы қондырғы (10, а-суретте) көрсетілген.

Озондау қондырғыларының жалпы сызбанұсқалары (11-суретте) көрсетілген. Қондырғы екі бөлімнен тұрады: озон алу және суды тазарту.

Ауа фильтрде (1) шаңнан тазарып, компрессорда (2) қысылады да, салқындатқыш қондырғыға (3) жіберіледі. Компрессорда қысылу нәтижесінде температурасы 40–50 ^{0}С жоғарылаған ауа, салқындатқыш қондырғыда салқындатылады және ауаны құрғататын қондырғыда (4) құрамындағы ылғал бөлінеді. Одан соң ауа ауажылытқышқа (5) жіберіледі.

Өнімділігі 6 кг/сағат озонаторларда ауа екі сатымен құрғатылады. Бірінші сатысында ауа 7 ^{0}С дейін салқындатқыш қондырғыларда салқындатылады, екінші сатысында адсорберлерде құрғатылады. Кем дегенде екі адсорбер орнатылады, бір аппаратта адсорбция, екіншісінде регенерация жүреді. Адсорберден соң ауаның құрамындағы ылғалдың мөлшері 0,05 г/м^3-тан аспауы керек.



11-сурет. Озонатор қондырғысының сызбанұсқасы

1 – фильтр; 2 – компрессор; 3 – ауа салқындатқыш қондырғы; 4 – ауаны құрғататын қондырғы; 5 – ауа жылытқыш; 6 – озонаторлар блогы; 7 – өңделетін суды кіргізу; 8 – араластырғыш; 9 – ауа таратқыш қондырғы; 10 – өңделген суды шығару

Салқындатылған және құрғатылған ауа озонаторлар блогына (6) түседі де, озонға айналады. Озонатордан озон-ауа қоспасы өңделетін сумен араластыру үшін араластырғышқа (8) жіберіледі. 1 кг озон синтездеу үшін 30 – 40 кВт·сағат электр энергиясы шығындалады.

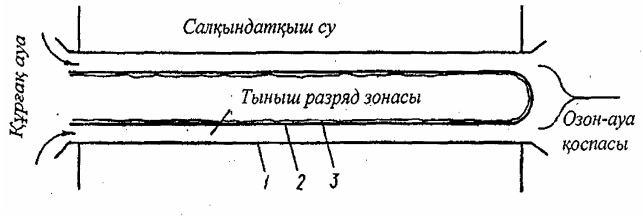
Озонды синтездеу. Озонды өндіру оттек молекуласының «бәсең» электр разрядының нәтижесінде атомдарға ыдырап, келесі оттек молекуласына қосылуына негізделген:

$O_2 + 492{,}7$ кДж $\leftrightarrow 2O$;

$2O_2 + 2O \leftrightarrow 2O_3 + 206{,}8$ кДж.

Озонды практикада озон-ауа қоспасы түрінде арнайы аппараттарда – озонаторларда алады, жұмыс істеу принципі жоғары кернеулі айнымалы ток көзімен жалғастырылған екі электрод арасынан ауаны белгілі бір жылдамдықпен өткізуге негізделген. Озонаторлардың электродтарының формасы түтікше немесе пластинка тәрізді болады, әдетте металдандырылған шыныдан дайындайды. Озонатор қондырғыларының құрамына озонды синтездейтін және оны сумен араластыратын қондырғылар кіреді. Ауаны синтезге дайындағанда, ауадағы шаң бөлшектерін фильтрлейді, адсорберлерде селикагельмен немесе алюмогельмен құрғатады.

Озонатор горизонтальды аппарат, ішінде тот баспайтын болаттан жасалған жылу алмастырғыш сияқты цилиндр түтікшелермен жабдықталған (12-сурет).



12-сурет. Озонатордағы электродтар мен диэлектриктің орналасуы

1 – тот баспайтын болаттан жасалған түтікше (төменгі кернеудің электроды); 2 – шыны түтікше; 3 –фольга (жоғары кернеудің электроды)

Әр болат құбырдың ішінде шыны түтікшелер орналастырылған. Екі түтікшенің аралығында сақина тәрізді разряд кеңістігі болып табылатын, аздаған (2–3 мм) орын қалдырылған. Шыны түтікшелердің ішкі беті графитті-мыс немесе алюминиймен қапталған. Болат түтікшелер бірінші электрод, ал шыны түтікшелердің ішкі қаптамасы

(фольга) екінші электрод болып табылады. Болат түтікшеге трансформатордан 8000–10000 В кернеумен айнымалы ток беріледі. Разряд кеңістігі арқылы электр тогы өткен кезде, екі түтікшенің арасында (2–3 мм) толтырылған ауа «бәсең» разряд көмегімен озон-ауа қоспасына айналады. Шыны түтікшелер диэлектрлік барьер болып табылады, осының арқасында ұшқын түзілмейді, «бәсең» разряд алынады. Осы кезде энергияның 90 % жылуға айналады, бұл жылуды озонатордан шығару қажет, себебі жоғары температурада озон тез ыдырап кетеді. Сондықтан озонатордың құбырларының арасындағы кеңістікте салқындатқыш су циркуляцияланып тұрады.

Озонаторға оттегі немесе ауа берілуі мүмкін. Озонаторға оттегі жіберілгенде озонатордың өнімділігі 2–2,5 есе өсетіндігіне қарамастан, әдетте оттегі алу қондырғысын жасамас үшін, озонаторға ауа беріледі. Озонаторға жіберілетін ауа алдын ала құрғатылады және шаңнан тазартылады. Разряд кеңістігіне ылғал кірсе, электр разрядының сипатын өзгертеді. Озонның шығымын төмендететін және электр энергиясының шығынын (құрғақ ауа берумен салыстырғанда) төрт есеге өсіретін ұшқын разрядтары пайда болады. Ауаның құрамындағы ылғалдың аз ғана мөлшерінің өзі озонды озонатор қондырғысының тетіктеріне, құбырларына және арматураға агрессивті жасайды.

Ауаны шаңнан тазарту үшін мата фильтрлерден өткізеді, селикагель толтырылған адсорберлерде құрғатылады. Селикагельді электрлік жылытқышта 260^0С дейін жылытылған ауа ағынын кері бағытпен желдеткіш арқылы жіберіп регенерация жасайды. Озондаудың соңғы сатысы – озонды сумен араластыру. Дайын болған ауа озон алу үшін озонаторға жіберіледі. Алынған озон-ауа қоспасын тазартылатын сумен араластыру, барботаж колонналарында және резервуарларда жүреді.

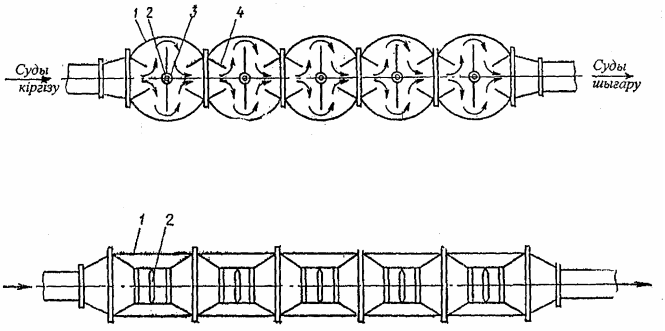
Жер асты су көздерінің 1 л суын залалсыздандыру үшін 0,75–1 мг озон қажет, жер үсті су қоймаларының фильтрленген 1 л суы үшін 1–3 мг озон қажет. Егер озонды суға түссіздендіру және залалсыздандыру мақсатында енгізетін болса, озонның дозасы 4 мг/л дейін жетуі мүмкін. Өңделетін судың озонмен контакт уақытының ұзақтығы 5–10 минут.

2.6.3 Суды ультракүлгін сәулелермен залалсыздандыру

Көптеген бактериялардың дамуына жарықтың кері әсер ететіндігі бұрыннан байқалған. Бұл қасиет барлық жарық спектрлеріне тән деп есептеліпі, оның табиғаты ұзақ уақыт бойы белгісіз болып келді. Зерттеулердің нәтижесінде негізінен қысқа толқынды сәулелердің ғана бактерицидті қасиеті бар екендігі тағайындалды. Ұзындығы 260 нм

ультракүлгін сәулелердің әсерінен судың қысқа уақыт аралығында толық залалсызданатындығы дәлелденді. Судағы жүзгіндер мен коллоидты бөлшектер сәулелерді кері қайтарады. Сондықтан ультракүлгін сәулелермен өңдеу алдында суды алдын ала тазартып, мөлдірлейді. Қазіргі уақытта сәуле шығарушы екі түрлі лампа қолданылады: сынапты-кварцты және аргонды сынапты.

Сәуленің бактерицидті тиімділігін және қондырғының өнімділігін арттыру үшін, сәуле көздерін суға батырып орналастырған жөн. Суды сәулені айналдыра ағыза отырып, судың өңделу тиімділігін және ең бастысы лампалардың пайдалы әсер коэффициентін арттыруға болады. Сондай қондырғылардың бірі ОВ-АХК-1 13-суретте көрсетілген. Қондырғының әр секциясы өнімділігі 150 $м^3$/сағат болғанда, бір-бірімен кезекпен жалғастырылған бес бөліктен (камерадан) тұрады. Оның әр камерасы сынапты-кварцты лампамен жабдықталған. Кезекпен барлық камералар арқылы залалсызданатын судың өте жұқа қабаты үзіліссіз ағынмен өтеді.



13-сурет. ОВ-АХК-1 сәулелі залалсыздандыру қондырғысының сызбанұсқасы

1 – камераның корпусы; 2 – жоғары қысымды сынапты-кварцты лампалар (ПРК-7 типтес); 3 – цилиндр тәрізді кварц қаптау; 4 – қалқанды су араластырғыш

Корпустың ішінде судың интенсивті араласуын алты радиальды қалқан қамтамасыз етеді. Суды тазарту шаруашылығында бактерицидті лампалардың басқа түрлері де қолданылуда.

Судың сапасы сәуле әсерінен өзгермейтіндіктен, химиялық реагенттерді қосуды қажет етпейтіндіктен, бұл әдістің суды залалсыздандыруда басқа әдістерге қарағанда артықшылықтары көп. Алайда бұл әдісті қолдану материалдық шығынды көп қажет етеді және судың қайтадан залалдану қаупі бар. Сондықтан экономикалық

жағынан бактерицидті қондырғыларды өнімділігі төмен су тазарту станцияларында пайдалану тиімді болып табылады.

Қазіргі кезде су тазартатын техникалар жасайтын басты фирмалар, ультракүлгін сәулелердің үлкен ағынымен сипатталатын, қондырғылардың жаңа түрлерін шығара бастады.

АОР (Advanced Oxidation Processes) деп аталатын, ең перспективалы әдістердің тобына, тазартылған су әрі қарай озондалатын, ультракүлгін сәулелермен өңдеу процесі жатады. Табиғи суды осылайша өңдеу, бұл дезинфектанттардың әрқайсысын жеке қолдануға қарағанда сіңірілетін озонның мөлшерін және УФ-сәулеленуді 2,5–3 есеге азайтуға мүмкіндік береді. Бактерияларды залалсыздандыру процесі осы O_3/УФ әдісінде неғұрлым жоғары.

2.6.4 Суды ультрадыбыс арқылы залалсыздандыру

Дыбыстың ұзақтығын және интенсивтілігін өзгерте отырып, микроорганизмдердің барлық түрлеріне де әсер етуге болады. Судың қалыңдығы дыбыстың бактерицидтік тиімділігіне аз әсер етеді және судың лайлығына, түсіне байланысты емес. Ультрадыбыстың интенсивтілігі өскенде, әдетте оның бактерицидтік әсері де өседі, ал интенсивтілігі төмен дыбыс кейбір микроорганизмдердің дамуына жақсы әсер етеді. Тәжірибелердің нәтижесінде суды ГОСТ талаптарына сәйкес келетіндей етіп залалсыздандыру үшін, интенсивтілігі 2 Вт/см^2, жиілігі 46 кГц ультрадыбыспен өңдеу керектігі тағайындалды. Судың құрамында еріген газдар болса, ультрадыбыс әсерінің тиімділігі артады. Сондықтан суды ультрадыбыспен өңдеуді, хлорлау және озондау процестерімен бірге жүргізудің болашағы бар.

2.6.5 Суды күміс иондарымен залалсыздандыру

Л.А.Кульский 1930 жылы алғаш рет суды күміс иондарымен залалсыздандырудың электрохимиялық әдісін ашты. Қазір бұл әдіс көптеген елдерде қолданылуда.

Күміс барлық патогенді микроорганизмдер үшін тиімділігі жоғары залалсыздандырғыш реагент болып табылады. Күміс иондарының суды ұзақ уақытқа консервілеп сақтауға мүмкіндік беретін бағалы қасиеті бар. Күміспен (0,1 мг/л) өңделген су жоғары санитарлық-гигиеналық көрсеткіштерін бір жылдан артық уақыт бойы сақтай алады. Күмістің бактерицидтік әсерін түсіндіретін бірнеше гипотезалар бар: күміс иондары клетканың ішіне кіріп, цитоплазмамен қосылып, клетканы бұзады немесе клетка күміс иондарын адсорбциялайды, күміс иондары цитоплазманың

ауадағы оттегімен тотығуына катализатор болады. Суды күміс иондарымен залалсыздандырғанда, көрсетілген факторлардың барлығы да әсер етуі мүмкін. Күмістің электролитті ерітіндісінің бактерицидті және консервілейтін қасиеті күмістің мөлшері 0,05 мг/л, контакт уақытының ұзақтығы 30–60 минут болғанда байқалатындығын тағайындаған. Күмістің артық мөлшерін енгізу қажет болса, өңделген суды қайтадан күміссіздендіреді. Қазіргі залалсыздандыру қондырғыларының барлығы осындай аппаратуралармен жабдықталған.

Суды күміс иондарымен беті өңделген металды суға салу арқылы, күміс тұздарын суда тікелей еріту арқылы және электролиттік әдістермен қанықтыруға болады. Соңғы әдістің практикалық маңызы бар. Бұл әдіс күмісті анодтық ерітуге негізделген, қысқа уақыт ішінде металдың қажетті концентрациясын алуға және электрөлшегіш приборлармен реагенттерді дәлме дәл дозалауға, процесті реттеп отыруға мүмкіндік береді.

Қазіргі кезде ионатор қондырғыларымен Қара және Балтық теңізінің алыс сапарға жүзетін жүзден артық кемелері жабдықталған. Бұл ауыз суды сатып алуға жұмсалатын шығынды қысқартуға, теңізшілердің ауруын азайтуға және кемелерді сумен жабдықтаудың санитарлық-гигиеналық жағдайларын жақсартуға мүмкіндік берді.

2.6.6 Суды термиялық залалсыздандыру

Әдетте термиялық әдісті судың аздаған көлемін пайдаланатын демалыс орындарында, ауруханаларда, кемелерде, поездарда және т.б. залалсыздандыруға қолданады.

Судағы барлық патогенді бактериялар суды 5–10 минут қайнатқаннан кейін өледі, яғни су толық залалсызданады. Қайнатылған су алу үшін, әдетте практикада «Вулкан», «Титан» қайнату жүйелері қолданылады.

Термиялық залалсыздандыру әдісі отынды көп қажет ететіндігіне байланысты қымбат және өнімділігі аз болғандықтан көп қолданыс таппаған.

2.7 Суды жұмсарту әдістері

Суды жұмсарту – оның қаттылығын азайту. Қаттылық Ca^{2+} және Mg^{2+} иондарының қатысуымен болады. Қаттылықты азайтудың бірнеше әдістері бар, оны суды жұмсартуға қойылатын талаптарға байланысты, жұмсартудың тереңдігіне байланысты таңдап алады. Суды жұмсартуда қолданылатын негізгі әдістерге қыздыру, реагенттер қосу және ион алмасу

жолдары жатады. Су дайындау практикасында, реагенттер көмегімен суды жұмсартқанда, судың құрамындағы қаттылық беретін катиондарды (Ca^{2+} және Mg^{2+}) аз еритін қосылыстарға айналдыру мақсатымен суды реагенттер арқылы өңдейді, соңынан тұндыру немесе фильтрлеу арқылы бөлініп алынады.

Реагентті әдістердің әр түрлі вариантарын қолдану, бастапқы судың сапасына және қажетті жұмсарту тиімділігіне байланысты. Мысалы, судың карбонатты қаттылығын ізбестеу арқылы жою әдісі (судың декарбонизациясы) судың әрі қаттылығын, әрі сілтілігін азайту қажет болған жағдайларда қолданылады. Әдістің мәні суға қосылған сөндірілген ізбес $Ca(OH)_2$ кальций және магний бикарбонаттарымен араласып, Ca^{2+} және Mg^{2+} иондарын тұндырады. Мысалы:

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + 2H_2O$$
$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 + CaCO_3 + 2H_2O.$$

Ізбестеуді карбонатты қаттылығы көп болғанда жүргізген дұрыс.

Ал егерде судың қаттылығы тұрақты (карбонатсыз) болса, онда ізбестеу-содалау әдісін қолданады, яғни ізбеспен бірге сода Na_2CO_3 қосылады. Процесс төмендегіше жүреді:

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2SO_4$$
$$MgSO_4 + Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 + CaCO_3 + Na_2SO_4 .$$

Суға сілтілік реагенттерді қосқан кезде $CaCO_3$ және $Mg(OH)_2$ коллоидты қосылыстары сол сәтте түзіледі, алайда олардың коллоидты күйден ірі дисперсті, яғни тұнбаға түсетін күйге өтуі көп уақыт алады, бірнеше сағатқа созылуы мүмкін.

Фосфат әдісі суды терең жұмсарту үшін қолданылады. Үшнатрийфосфат суды фосфат әдісімен жұмсартуда тиімді реагент болып табылады. Үшнартийфосфатпен жұмсарту процесі төмендегі реакциялар бойынша жүреді:

$$Ca(HCO_3)_2 + 2Na_3PO_4 = Ca_3(PO_4)_2 + NaHCO_3$$
$$Mg(HCO_3)_2 + 2Na_3PO_4 = Mg_3(PO_4)_2 + NaHCO_3 .$$

Бұл әдістің мәні, реакция теңдеулерінен көрініп тұрғандай, суда нашар еритін, сондықтан түгелдей тұнбаға түсетін фосфор қышқылының кальций және магний тұздарының түзілуінде.

Фосфат әдісімен жұмсарту кезінде суды 105–150 ^{0}С дейін жылытады, қалдық қаттылық 0,02 – 0,03 мг/л. Үшнатрийфосфат қымбат болғандықтан,

бұл әдіс алдын ала жұмсартылған суларды толық жұмсарту үшін ғана қолданылады.

Барий әдісімен жұмсарту суға барий тұздарын (барий гидроксидін $Ba(OH)_2$ немесе көмір қышқылды барийді $BaCO_3$) қосқанда, кальций мен магнийдің мүлдем ерімейтін қосылыстары түзілуіне негізделген.

$$CaSO_4 + Ba(OH)_2 = Ca(OH)_2 + BaSO_4$$
$$MgSO_4 + Ba(OH)_2 = Mg(OH)_2 + BaSO_4$$
$$Ca(OH)_2 + Ca(HCO_3)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O.$$

Суды барий әдісімен жұмсарту өте қымбат болғандықтан, сирек қолданылады. Ауыз суды жұмсартуға қолданылмайды, себебі барийдің тұздары улы.

Суды термохимиялық жұмсарту әдісі 100^0C жоғары температурада жүргізіледі. Жылыту кезінде түзілген тұнбалардың ұлпақтары ірі болады және олар кәдімгідей жақсы тұнады. Жоғары температурада жұмсарту әдісі негізінен бу қазандарына су дайындаған кезде қолданылады, яғни осы кезде суды жылытуға жұмсалған жылу ұтымды пайдаланылады. Суды термохимиялық жұмсарту әдісінде қолданылатын негізгі реагенттер – ізбес және сода, кейде ізбес орнына күйдіргіш натр қолданылуы мүмкін.

2.7.1 Суды ион алмасу әдісімен жұмсарту және тұзсыздандыру

Суды ион алмасу әдісімен жұмсарту және тұзсыздандыру – суда ерімейтін материалдардың (катиониттердің, аниониттердің) судағы еріген иондарды өзіне сіңіріп, эквивалентті мөлшерде ерітіндіге өтетін, ион алмасу қабілетіне негізделген. Нәтижесінде катиондар орын алмасатын, суды ион алмасу әдісімен өңдеу процесі катиондау деп аталады. Әр катиониттің белгілі бір алмасу сыйымдылығы бар, ол фильтрлеу кезінде катиониттің алмастыра алатын катиондарының санымен сипатталады. Су тазарту технологиясында катиониттің алмасу сыйымдылығын катиониттің 1 $м^3$ көлемінде ұсталған катиондардың грамм-эквивалентімен бағалайды.

2.7.2 Ион алмасу әдісінің физика-химиялық негіздері

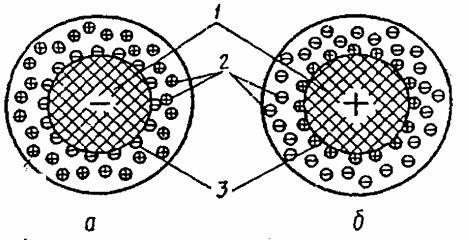
Ион алмасу кейбір арнайы материалдардың (иониттердің) судың иондық құрамын қажетті бағытқа қарай өзгерте алу қабілетіне негізделген. Ион алмасу әдісінің адсорбциядан айырмашылығы, бөлінетін зат материалдың бетіне жиналып қана қоймайды, иондардың бір түрі басқа түрлі ионға алмасады.

Иониттердің ион алмастырғыш қабілеті олардың құрылысымен түсіндіріледі. Кез келген ионит функциональды топтары бар қатты негізден (матрицадан) тұрады. Осы функциональды топтары болғандықтан ионит қабаты арқылы су өткенде (ионит суланғанда) оның бетінде заряд пайда болады. Сондықтан қатты фазаның маңайында қарама-қарсы иондардан тұратын диффузия қабаты түзіледі. Диффузия қабатындағы иондардың артық кинетикалық энергиясы бар, олар диффузия қабатынан ерітіндіге оңай өте алады, бірақ ерітіндіден заряды сәйкес ион оның орнына өтуі керек. Егер функциональды топтың қозғалатын ионы оң зарядталған болса, ионит катион алмастырады, ал теріс зарядталған болса анион алмастырады.

Ионит молекуласының қысқартылған сызбанұсқасы 15-суретте берілген.

Сонымен, ионитті қозғалмайтын бөліктен және алмасу қабілеті бар қозғалатын бөліктен тұратын қатты электролит деп қарастыруға болады. Ион алмасу реакциялары кәдімгі электролиттердің ережелеріне бағынады: ион алмасудың эквиваленттілігі және процестің қайтымдылығы.

Эквиваленттілігі – егер ион алмасу процесінде ерітіндіде белгілі бір ионның мөлшері азайса, онда иониттен ерітіндіге өтетін басқа ионның мөлшері көбейеді, яғни иондар эквивалентті мөлшерде алмасады.



15-сурет. Катионит (а) және анионит (б) молекулалары структурасының сызбанұсқасы
1 – матрица; 2 – диффузиялық қабаттың иондары; 3 – потенциал түзетін иондар

Ион алмасу әдісінің қайтымдылығы ион алмастырғыш материалдарды технологиялық схемаларда қолдануға мүмкіндік береді.

Ион алмасу процесі ионның табиғатына байланысты. Бір ионның басқа ионға қарағанда жақсы алмасу қабілетін селективтілік деп атайды. Селективтіліктің физика-химиялық негізін Кулон заңымен түсіндіруге болады. Периодтық жүйенің әр негізгі тобында иондардың гидраттанған жағдайдағы радиусы элементтің атомдық массасы өскен сайын, кішірейеді, яғни оның иониттің бетіне тартылу күші өседі.

Ион алмасу процесіндегі иондардың селективтілігін селективтілік қатары арқылы көрсетуге болады, күшті қышқылды катиониттегі иондар үшін: $H^+ < K^+ < Na^+ < Mg^{2+} < Ca^{2+} < Al^{3+}$; күшті негізді аниониттегі аниондар үшін: $CO_3^{2-} < Cl^- < H_2PO_4^{2-} < SO_4^{2-}$.

Динамикалық жағдайда, су ионит қабаты арқылы ионитті жаңа көлеміне қарай біртіндеп өтеді. Әрине, иондар ионит қабатының жоғарғы жағында көбірек сорбцияланады. Алайда уақыт өткен сайын, бұл жерде сорбция аяқталып, келесі қабатқа қарай жылжиды.

Ионит қабатында жоғарыдан төмен қарай иондар концентрациясының үздіксіз азаюы ионитті бір участогында нөлге жетеді. Сонымен, ионитті фильтрлегіш қабатын үш участокке бөлуге болады: жұмысы аяқталған, жұмыс қабаты және әлі жұмысы басталмаған қабат. Бірінші және екінші қабаттың арасында иондардың бастапқы концентрациясының зонасы, екінші және үшінші қабаттың арасында нөлдік концентрация зонасы орналасқан.

Белгілі бір уақытта нөлдік концентрация зонасы төменгі қабаттың шекарасына жетеді, иондардың фильтратқа өтуі (проскок) басталады. Бұл момент фильтрді регенерацияға тоқтатуға белгі болып табылады.

2.7.3 Ион алмастырғыш материалдар және олардың сипаттамасы

Ион алмастырғыш материалдар құрамы бойынша минералды және органикалық, тегіне байланысты табиғи және жасанды деп бөлінеді. Табиғи минералды катиониттердің алмасу сыйымдылығы аз және тұрақтылығы төмен болғандықтан, ол көп қолданыс таппаған, біртіндеп жасанды катиониттерге алмастырылды. Жасанды минералды катиониттерді алюминий тұздарының ерітіндісін сода немесе сұйық шыны ерітіндісімен араластыру арқылы дайындайды. Тұнбаға түскен алюмосиликагельді $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot mH_2O$ фильтр-прессте сусыздандырады да, қысылған гельді ыстық ауа ағынымен құрғатады. Құрғатылған гельді ұсақтайды, фильтрлегіш қабатқа салуға сәйкес келетін, размерлері 0,5–1,5 мм аралығындағы түйіршіктерді елегіште елеп, таңдап алады.

Су тазарту практикасында негізінде жасанды органикалық, күшті қышқылды катиониттер қолданылады.

Барлық катиониттердің функциональды химиялық белсенді топтары бар, осы топтағы сутек катионының басқа катиондармен алмасатын қабілеті бар. Көбінесе құрамында сульфо тобы $–SO_3H$, карбоксил тобы –COOH және фенол тобы –OH бар катиониттер

қолданылады. Соңғы кезде құрамында басқа функциональды топтары бар катиониттер де синтезделуде.

Катиониттің құрамында бір мезгілде бірнеше топ болуы мүмкін. Бір типті функциональды топтан тұратын катиониттер монофункциональды, ал екі немесе одан да көп функциональды топтары бар катиониттер полифункциональды деп аталады. Сульфотобы бар монофукциональды катиониттер күшті қышқылды катиониттерге жатады. Олар толық диссоциацияланған, сілтілік, қышқылдық және нейтралды, яғни кез келген ортада ион алмастыра алады. Карбоксилді және фенол топтары бар катиониттер әлсіз қышқылды катиониттерге жатады. Олар нейтралды және қышқыл ортада бірен-саран диссоциацияланады, сондықтан тек сілтілік ортада ғана ион алмастырады.

Катиониттердің сапасы олардың физикалық қасиеттерімен, химиялық және термиялық тұрақтылығымен, жұмыс сыйымдылығымен сипатталады. Катиониттердің физикалық қасиеттері оның фракциялық құрамына, механикалық тұрақтылығына және ісінуіне байланысты. Су тиіп, дымқылданғанда иониттер ісінеді, көлемі үлкейеді. Фильтрлегіш қабатқа салғанда, бұл қасиетін ескеру керек. Ион алмастыру технологиясында түйіршіктерінің диаметрі 0,3–2,0 болатын иониттер қолданылады.

Иониттің химиялық тұрақтылығы судың және судың құрамындағы қоспалардың еріткіштік әсеріне қарама-қарсы тұру қабілетімен сипатталады, суда еріген иондардың табиғатына және концентрациясына, ортаның pH-на, температурасына байланысты. Ион алмасу фильтрлерінде судың температурасы 40^0С аспауы керек.

Әр иониттің белгілі алмасу сыйымдылығы бар, ол фильтрлеу кезінде иониттің масса бірлігімен (г·экв/кг) немесе көлем бірлігімен (г·экв/м^3) алмастыра алатын иондарының санымен сипатталады.

Алмасу сыйымдылығы толық және жұмыс алмасу сыйымдылығына бөлінеді. Катонит жұмыс істеп тұрған кезде фильтраттың қаттылығы бастапқы судың қаттылығына теңескендегі 1 м^3 катионитте ұсталынатын катиондардың грамм-эквивалентінің мөлшері катиониттің толық алмасу сыйымдылығы деп аталады.

1 м^3 катионитте катиондардың фильтратқа өту («проскокқа дейін») моментіне дейін ұсталынатын катиондардың грамм-эквивалентінің мөлшері катиониттің жұмыс алмасу сыйымдылығы деп аталады. Катиониттің бүкіл көлемінің алмасу сыйымдылығын фильтрдің сіңіру сыйымдылығы деп атайды.

2.7.4 Ион алмасу технологиясы

Судағы иондарды бөліп алу үшін екі процесс: катиондау – катиондарды бөліп алу және аниондау – аниондарды бөліп алу қолданылады.

Ион алмасу түріне байланысты процестер мен аппараттар: Н-катиондау, Н-катионит фильтрі, ОН-аниондау, ОН-анионит фильтрі деп аталады. Бұл процестерде алынған фильтрат та осыған сәйкес Н-катиондалған су, ОН-аниондалған су деп аталады.

Катиондау процесі жеке процесс ретінде қолданылуы мүмкін (суды жұмсарту үшін), ал аниондау процесі өз бетінше жеке қолданылмайды, тек катиондау процесімен бірге (суды тұзсыздандырғанда) қолданылады.

Ион алмасу процесін әр түрлі аппараттарда жүргізеді, бірақ ең кең тарағаны – ионит фильтрлері.

Na –катиондау. Бұл процесс суды жұмсарту үшін қолданылады, сондай-ақ сілтілігі аз суларды дайындау үшін де маңызы бар.

Суды Na-катиондағанда, бастапқы Na-түріндегі катионит қабаты арқылы өткізеді. Осы кезде судың құрамындағы қаттылық беріп тұрған иондар натрий иондарымен алмасады.

Суды катионит қабаты арқылы фильтрлеген кезде төмендегі реакциялар жүруі мүмкін:

$$2[Kat]Na^+ + Ca(HCO_3)_2 \leftrightarrow [Kat]_2\,Ca^{2+} + 2NaHCO_3$$
$$2[Kat]Na^+ + Mg(HCO_3)_2 \leftrightarrow [Kat]_2Mg^{2+} + 2NaHCO_3\,.$$

[Kat] – символы арқылы катионит полимерінің матрицасы белгіленген. Суды фильтрдегі катионит қабаты арқылы фильтрлегенде, активті топтың негізгі бөлігі судағы кальций және магний иондарымен алмасады. Уақыт өткен сайын фильтрлегіш материалдың ион алмастыру қабілеті төмендей бастайды, яғни суды жұмсарту процесі нашарлайды. Сондықтан, фильтрдің суды жұмсарту қабілетін орнына келтіру үшін регенерация процесін жүргізеді. Na-катионит фильтрін ас тұзы ерітіндісімен, Н-катионит фильтрін күкірт қышқылымен регенерация жасайды. Осының нәтижесінде катионитте ұсталған кальций және магний иондары регенерациялық ерітіндідегі H^+ немесе Na^+ иондарымен қайтадан алмасады, катионитten ығыстырып шығарылған кальций және магний иондары элюатқа өтеді. Сутек және натрий иондары орнына келген катионит өзінің алмасу сыйымдылығын қалпына келтіреді. Катионит фильтрінің регенерациясы үш операциядан тұрады, катионит қабатындағы

фильтрлегіш материалды босату, регенерациялау және жуу. Катионит регенерациясының химизмі төмендегі реакциялармен сипатталады:

$$2[Kat]_2Ca^{2+} + 2NaCl \leftrightarrow 2[Kat]\,Na^{+} + CaCl_2$$
$$2[Kat]_2Mg^{2+} + 2NaCl \leftrightarrow 2[Kat]\,Na^{+} + MgCl_2.$$

Катиониттің регенерациясынан соң, регенерациялық ерітіндінің артығын және регенерация өнімдерін (катиониттен бөліп шығарылған кальций және магний тұздарын), катиониттің жоғарғы жағынан су жіберіп жуады. Одан соң фильтр қайтадан жұмысқа қосылады.

Суды Na-катионит фильтрінде жұмсарту, судағы кальций және магний иондарының мөлшерін өте аз шамаға дейін азайтуға мүмкіндік береді.

Ион алмастырғыш фильтрден өтетін судың лайлығы 3 мг/л, түсі 30 градустан жоғары болмауы керек. Фильтрлеу жылдамдығы 10–25 м/сағ. Фильтрлегіш қабаттың биіктігі 2,5 м немесе одан да биік болуы мүмкін.

Н-катиондау. Н-катиондау судағы барлық катиондарды сутек иондарына алмастыруға арналған. Н-катиондау аниондаумен бірге қолданылады. Н-катиондау кезіндегі катиондар алмасуын төмендегі реакциялар арқылы көрсетуге болады:

$$[Kat]H^{+} + Ca^{2+} \leftrightarrow [Kat]_2Ca^{2+} + 2H^{+}$$
$$[Kat]H^{+} + Mg^{2+} \leftrightarrow [Kat]_2\,Mg^{2+} + 2H^{+}$$
$$[Kat]H^{+} + Na^{+} \leftrightarrow 2[Kat]Na^{+} + H^{+}.$$

Суға бөлінген сутек иондары бикарбонат иондарымен әрекеттеседі:

$$H^{+} + HCO_3^{-} \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow CO_2 + H_2O.$$

Сонымен, Н-катиондау кезінде судың бикарбонаттық қаттылығы бұзылады, фильтрат қышқылданады. Қышқылдығы сутек иондарының қалдық концентрациясына тең.

Н-катионит фильтрін 1–1,5 %-тік күкірт қышқылының ерітіндісімен төмендегі реакциялар бойынша регенерациялайды:

$$2[Kat]_2Ca^{2+} + H_2SO_4 \leftrightarrow 2[Kat]H^{+} + CaSO_4$$
$$2[Kat]_2\,Mg^{2+} + H_2SO_4 \leftrightarrow 2[Kat]H^{+} + MgSO_4$$
$$2[Kat]Na^{+} + H_2SO_4 \leftrightarrow 2[Kat]H^{+} + Na_2SO_4\,.$$

Катиониттің гипстенуін болдырмау үшін, регенерациялық ерітіндіні сұйылтады және регенерацияны екі сатымен, алдымен 0,75%, одан соң 5–6%-тік күкірт қышқылының ерітіндісімен жүргізеді.

Суды аниондау. Аниондау процесі суды химиялық тұзсыздандыру мақсатымен жүргізіледі. Суды анионит қабаты арқылы фильтрлеген кезде аниондар төмендегі реакциялар бойынша алмасады:

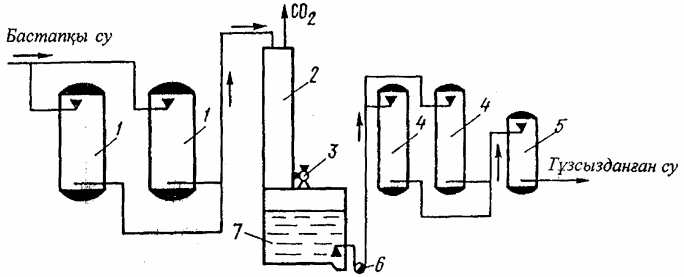
$$[Ан]_2CO_3 + 2CI^- \leftrightarrow 2[Ан]CI^- + CO_2 + H_2O$$
$$[Ан]_2CO_3 + SO_4^{2-} \leftrightarrow [Ан]_2\,SO_4^{2-} + CO_2 + H_2O.$$

Әлсіз негізді аниониттерді 4%-тік Na_2CO_3 ерітіндісімен регенерация жасайды. Регенерация процесі келесі реакциялар бойынша жүреді:

$$[Ан]CI^- + Na_2CO_3 \leftrightarrow [Ан]_2CO_3 + NaCI$$
$$[Ан]_2\,SO_4^{2-} + Na_2CO_3 \leftrightarrow [Ан]_2CO_3 + Na_2SO_4\,.$$

Суды тұзсыздандыру сызбанұсқаларында әдетте суды декарбонизациялау қарастырылады, ол еріген көмір қышқылын бөліп алуға арналған.

Суды ион алмасу әдісімен тұзсыздандыру кезінде судағы еріген катиондар мен аниондар бөліп алынады. Әдеттегі ионитті қондырғы (16-сурет) ионитті фильтрлердің екі тобынан тұрады, бірінші тобы – Н-катионит фильтрлері судағы катиондарды бөліп алу үшін қолданылады, ал екінші тобы судағы аниондарды бөліп алуға арналған.



16-сурет. Суды ионитті тұзсыздандыру қондырғысының сызбанұсқасы

1 – сутек-катионит фильтрлері; 2 –дегазатор; 3 – вентилятор; 4 – анионит фильтрлері; 5 – буферлік натрий-катионит фильтрі; 6 – сорғыш; 7 –резервуар

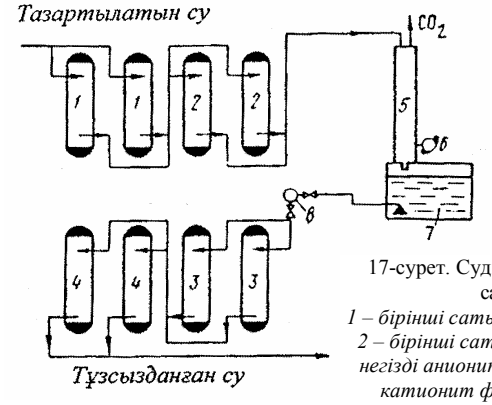
Фильтрлердің аралығында немесе қондырғылардың соңында судағы бос көмір қышқыл газын бөліп алу үшін дегазатор орналастырылады.

Көмір қышқыл газы Н-катиондау кезінде бикарбонаттардың ыдырауынан, сондай-ақ суды анионит фильтрлерімен фильтрлегеннен кейін, оларды содамен немесе натрий бикарбонатымен регенерация жасағанда түзіледі.

Кейде берілген схемаға буферлік Na^+-катиониті фильтрін де енгізеді. Ол тұзсызданған судың pH-ын өзгертпей, бір қалыпты ұстап тұруға арналған.

Бастапқы судың сапасына және тұзсыздanған суға қойылатын талаптарға байланысты 16-суретте көрсетілген схемаға біраз өзгерістер енгізілуі мүмкін.

Іс жүзінде 16-суретте көрсетілген ионитті тұзсыздандыру қондырғылары арқылы суды терең тұзсыздандыру мүмкін емес. Суды толық тұзсыздандыру үшін катиондау және аниондаудың қосымша сатылары енгізіледі. Осындай қондырғыларға мысал (17-суретте) көрсетілген.



17-сурет. Суды ионитті тұзсыздандырудың екі сатылы сызбанұсқасы

1 – бірінші сатының сутек-катионит фильтрлері; 2 – бірінші сатының анионит фильтрлері (әлсіз негізді анионитпен); 3 – екінші сатының сутек-катионит фильтрлері; 4 – екінші сатының анионит фильтрлері (күшті негізді анионитпен); 5 – көмір қышқылын бөліп шығарғыш; 6 – желдеткіш; 7 – ішінара тұзсызданған суды жинақтаушы бак; 8 – сорғыш

Қосымша сатылар тұзсыздандырылған суға катиондар мен аниондардың өтіп кетуін болдырмайды, ал осындай нәтижелерге бір сатылы ионитті фильтрлеу қондырғылары арқылы жету қиын. Екінші сатының катионит фильтрлері негізінен Na^+ катиондарын ұстауға арналған. Бірінші сатының анионит фильтрлері күшті қышқылдардың аниондарын (Cl^-, SO_4^{2-}), ал екінші сатының анионит фильтрлері әлсіз қышқылдардың аниондарын (SiO_3^{2-} және дегазаторда десорбцияланбаған CO_2) ұстауға арналған.

2.8 Суды тұзсыздандыру (тұщыландыру)

Судың құрамындағы тұздарды бөліп алу процестері бөліп алу дәрежесіне байланысты тұзсыздандыру және тұщыландыру деп аталады. Суда еріген тұздардың мөлшерін дистилденген судағыдай етіп азайту – тұзсыздандыру, ал ауыз суға қойылатын талаптарға сәйкес мөлшерге дейін

азайту тұщыландыру деп аталады. Тұзсыздандыру және тұщыландыру әдістері екі үлкен топқа бөлінеді – агрегатты күйі өзгеруі арқылы және агрегатты күйін өзгертпей жүргізіледі. Бірінші топқа – дистилляция, қатыру (мұзға айналдыру), газгидрат әдістері жатады. Екінші топқа ион алмасу, электродиализ, кері осмос (гиперфильтрация), экстракция және т.б. әдістер жатады. Судағы тұздардың мөлшері 1,5–2 мг/л мөлшерінде болғанда ион алмасу әдісін; 10 г/л артық болғанда – дистилляция, қатыру немесе кері осмос әдістерін; 2,5–15 мг/л болғанда электродиализ немесе гиперфильтрация әдістерін қолдану ұсынылады.

Теңіз сулары тұзды (35 г/л) болып келетіндіктен, олар тұрмыс қажетіне жарамсыз.

Адамдар теңіз суын тұщылауды ерте кезден-ақ білген. Мысалы, грек теңізшілері бұдан 2000 жыл бұрын алыс сапарға шыққанда, теңіз суын қайнатып ауыз су алған.

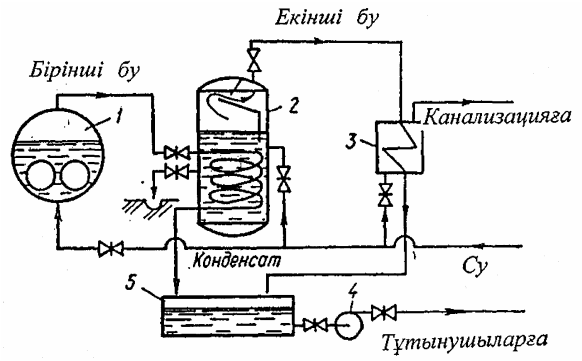
ЮНЕСКО-ның мәліметі бойынша, тұщыландыру және тұзсыздандыру әдісі мен қондырғыларды жасау жұмыстарымен 15 мемлекеттің 85-тен артық мекемелері шұғылданады екен. Бұл мәселеде әртүрлі физикалық және химиялық тәсілдер пайдаланылады. Мұндай қырықтан астам әдістер бар. Біздер бұл жерде ең көп тарағандарын ғана қарастырамыз.

Тұзсыздандыру мен тұщыландырудың ең кең таралған әдістеріне дистилляция мен ион алмасу әдістері жатады. Қажетті әдіс тазартылатын судың сапасына, тазарған суға қойылатын талаптарға, қондырғылардың өнімділігіне және техникалық-экономикалық есептеулерге байланысты таңдап алынады. Судың құрамында тұздардың мөлшері көп болған сайын, тұзсыздандыру процестері қымбат және процестің тұзсыздандыру дәрежесі де төмен болады.

Дистилляция дегеніміз суды буға айналдырып, оны салқындатқаннан кейін қайтадан суға айналдырып, ерітілген тұздардан тазарту әдісі. Суды буландыру үшін отын жанғандағы, буды салқындатқандағы жылуды, күн сәулесінің, атом реакторларының энергиясын қолданады. Суды конструкциялары әр түрлі буландырғыштарда дистилдейді. Бір сатылы қарапайым буландырғыш қондырғы суды қайнатып, буға айналдыратын қазаннан, буландырғыштан, тұзсызданған суды жинайтын резервуардан және тұзсызданған суды тұтынушыларға жіберетін сорғыштан (насос) тұрады, 18- суретте көрсетілген.

Су қазанда (1) қайнатылады. Түзілген бірінші бу буландырғыштың (2) түтікшелеріне беріледі де, салқындап, тұзсызданған суға айналады. Бірінші бу салқындағанда, бөлінген жылу есебінен буландырғышта екінші бу түзіледі. Екінші бу конденсаторға (3) түсіп, салқындайды. Конденсатордан

шыққан тұзсызданған су резервуарда (5) жиналады. Тұзсызданған су сорғышпен (4) тиісті жеріне жеткізіледі. Тұщыланған су (дистиллят) тұтынушылардың талабына сәйкестендіріліп тұзды сумен араластырылады.

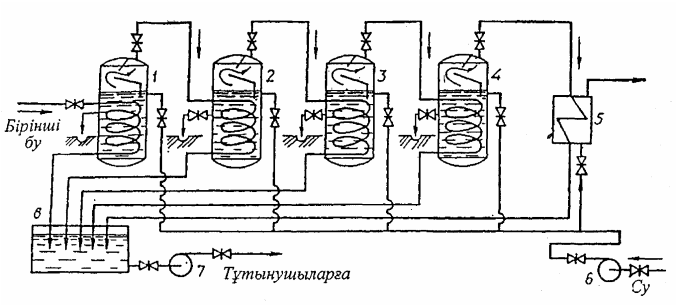


18-сурет. Бір сатылы буландыру қондырғысының сызбанұсқасы
1 – бу қазаны; 2 – буландырғыш; 3 – конденсатор; 4 – сорғыш; 5 – тұзсызданған суды жинақтаушы резервуар

Көбінесе бірнеше сатылы буландыру қондырғылары қолданылады. Ол бастапқы будың көлемінен біраз көп тұщы су алуға мүмкіндік береді. Саты саны өскен сайын дистилляттың көлемі де өседі. Егер бір сатылы буландыру қондырғыларында 1 т бастапқы будан 0,9 т шамасында тұзсызданған су алынса, екі сатылы қондырғыда –1,7 т, үш сатылы қондырғыда – 2,4 т, ал төрт сатылы қондырғыда – 3,1 т тұзсызданған су алынады. 50–60 сатылы буландыру қондырғыларында 15–20 т дейін тұзсызданған су алынады. Қазіргі буландыру қондырғыларында 1 т дистиллят үшін электр энергиясының меншікті шығыны 3,5–4,5 кВт·сағ құрайды.

Төрт сатылы буландырғыш қондырғы (19-суретте) көрсетілген.

Ыстық бу буландыру қондырғысының бірінші сатысына келіп түседі, салқындайды, тұзсызданған су түрінде резервуарда (8) жиналады. Буландырғыштың бірінші сатысында түзілген екінші бу буландырғыштың екінші сатысын қыздырады. Екінші бу салқындаған соң түзілген, тұзсызданған су да резервуарға (8) жиналады. Буландырғыштың екінші сатысында түзілген бу үшінші сатыдағы суды жылытады, осылайша, әрі қарай жалғаса береді. Будың температурасы және қысымы әр келесі сатыға өткен сайын азаяды.



19-сурет. Төрт сатылы буландыру қондырғысының сызбанұсқасы

1–4 су буландырушы-салқындатушы қондырғылар, буландыру қондырғысының бірінші, екінші, үшінші және төртінші сатылары; 5–конденсатор; 6–буландыру қондырғыларына су жіберетін сорғыш; 7–тұзсызданған суды сорғыш; 8–тұзсызданған су резервуары

Сатылар саны көп болған сайын, тұщылағыштың пайдалы әсер коэффициенті жоғары болады.

Буландыру әдісі жұмыс істеу принципі жағынан жеңіл болғанмен, оның іс жүзінде қиын жақтары да бар. Мысалы, су буланған кезде су құбырларының бетіне қақ түзіледі. Қақ түзілу булану процесін, буландырғыштың жұмыс істеу өнімділігін және техникалық-экономикалық көрсеткіштерін төмендетеді.

Қақ түзілуді жою әдістері. Қақ түзілуді жою әдістері физикалық, химиялық және физика-химиялық болып жіктеледі.

Кальций мен магнийдің оңай еритін тұздарын нашар еритін кальций карбонатына (карбонатты қақ) және магнийдің гидрат тотығына айналдыру төмендегі сызбанұсқа бойынша жүреді:

$2HCO_3^- \leftrightarrow CO_2 + CO_3^{2-} + H_2O$

$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3$

$CO_3^{2-} + H_2O \rightarrow CO_2 + 2OH^-$

$Mg^{2+} + 2OH^- \rightarrow Mg(OH)_2$.

Кальций сульфаты (гипс) 100^0C жоғары температурада үш түрлі қосылыс түрінде – дигидрат $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, жартылай гидрат $CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O$ және ангидрит $CaSO_4$ түрінде кристалданады.

Кальций карбонаттарынан түзілетін қақты буландырғыш қондырғыға натрийдің полифосфатын қосу арқылы азайтуға болады. Бұл кең таралған әдістердің бірі. Шетелде қақ түсуді қышқылдар қосу

арқылы азайту әдістері кең таралған. Бұл әдістің мәні буланатын бастапқы суға стехиометриялық мөлшерде (теориялық қажетті) қышқыл қосуға негізделген. Қосылатын қышқылдың мөлшері судың сілтілігіне байланысты, артық мөлшері қосылса қондырғыларды коррозияға ұшыратады. Сондықтан бұл әдіс қышқылдың мөлшерін дәл дозалауды және үнемі бақылап отыруды қажет етеді. Теңіз суын жұмсарту үшін тұз қышқылы қолданылады, күкірт қышқылы сульфат иондарының концентрациясын көбейтіп жібереді.

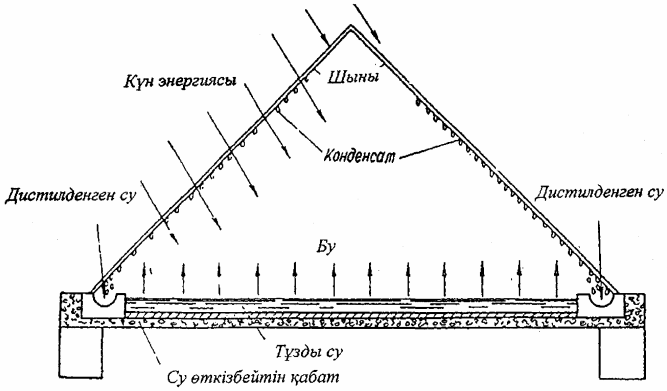
Ион алмастырғыш шайырлар арқылы суды жұмсарту қақ түзілуді жоюдың тиімді әдістерінің біріне жатады. Алайда бұл әдіс алдын ала қышқылдау әдісінен қымбат.

Бұрынғы Кеңес үкіметінде Ланжелье ұсынған контакталық стабилизатор (затравка) әдісі кеңінен таралған. Ланжелье әдісінде суға қондырғыға барар алдында ұсақ дисперсті заттар (стабилизаторлар) қосылады. Стабилизатор бетінде көптеген кристаллизация орталықтары түзіледі, осының нәтижесінде қақ қондырғының қабырғаларына түспейді, қосылған стабилизатордың бетіне түседі. Стабилизатор ретінде ізбес тас, мәрмәр, құм және басқа да заттар қолданылады. Контакталық стабилизатор қолдану арқылы қақ түзілуін 80–90 % азайтуға болады. Алайда қондырғының конструкциясы күрделі.

Суды күн энергиясының көмегімен де буландыруға болады. Мұндай қондырғылар әсіресе Орта Азия мен Оңтүстік Қазақстан аймақтарында жиі қолданылады. Күннің энергиясымен буландыру қондырғыларының конструкциясы әр түрлі болып келеді. 20-суретте соның бір түрі көрсетілген.

Қондырғының түбі күннің энергиясын өзіне сіңіретін қабаттардан тұратын жәшік тәрізді ыдыстан тұрады. Жәшік еңкіш жапқышпен (шыны немесе пленкамен) жабылған. Су бетінен шығатын бу шыны бетіне көтеріліп, одан соң ауа температурасымен салқындатылып, шеткі науаларға келіп құйылады.

Мұздату әдісі тұщы және ащы сулардың әр түрлі температуралы қату дәрежесіне негізделген. Тұзды суды ақырындап суыта бастасақ, онда 0^{O}С-та алдымен оның тұщы бөлігі қата бастайды да, соңында тұзды судың өзі де мұзға айналады. Осылай мұзды ерітетін болсақ, онда алдымен тұзды бөлігі тезірек еріп, соңынан тұщы бөлігі де суға айналады. Суды мұздату табиғи және жасанды салқындату жолымен де жүзеге асырылуы мүмкін.



20-сурет. Күн энергиясымен буландыру қондырғысының (ыстық жәшік типті) сызбанұсқасы

2.9 Флотация

Флотация әдісі соңғы кезде ағынды суларды ірі және ұсақ дисперсті бөлшектерден (беттік активті заттардан, мұнайдан, мұнай өнімдерінен, талшықты материалдардан) және басқа да өздігінен нашар тұнатын қоспалардан мұнай өңдейтін, жасанды талшықтар өндіретін, целлюлоза-қағаз, тері, машина жасау, тамақ, химия өнеркәсіптерінің ағынды суларын тазарту үшін қолданылады. Биохимиялық тазартудан соң активті лайды бөліп алу үшін де қолдануға болады.

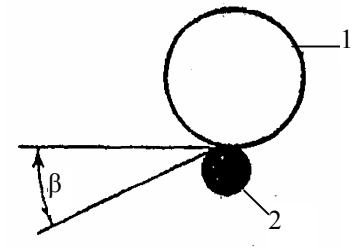
Процестің үздіксіздігі, кең диапазонда қолданылуы, капиталдық және эксплуатациялық шығындардың аз жұмсалатындығы, қондырғыларының қарапайымдылығы, түзілген шламның ылғалдылығының төмендігі тазарту дәрежесінің жоғарылығы (95–98 %) флотация әдісінің артықшылықтарына жатады.

Флотация процесі төмендегіше жүреді. Қатты гидрофобты бөлшек ауа көпіршігінен су қабаты арқылы бөлініп тұрады. Бір мезгілде ауа көпіршігі мен гидрофобты бөлшек жақындап, екеуі бір-біріне жабысады. Одан соң көпіршік – бөлшек комплексі су бетіне көтеріледі. Судың бетінде көпіршіктер жиналып көбікті қабат түзеді, бұл жерде бастапқы суға қарағанда, бөлшектердің концентрациясы жоғары.

Көбікті флотация кең таралған. Су қоспаларының флотациясында Вандер-Ваальс және электр күштері негізгі роль атқарады.

Бөлшектердің суды жұқтыруы немесе жұқтырмауы осы күштердің әсеріне байланысты. Бөлшек суды аз жұқтырған сайын, газ

көпіршігінен жақсы жабысады. Қатты дененің сұйықты жұқтыруы, шеткі жұқтыру бұрышымен өлшенеді (21-сурет).



21-сурет. Элементарлық флотация акті
1 –газ көпіршігі; 2 – қатты бөлшек

Қатты дененің суды толық жұқтыруы $\Theta = 0^0$ кезінде, ал газ көбіршігіне толық жабысуы $\Theta = 180^0$ кезінде болады. Алайда $\Theta > 150^0$ болатын зат белгісіз, ал $\Theta = 0^0$ – заттар өте көп.

Заттардың гидрофобты қасиеті жоғары болған сайын, жұққырлығы аз және флотация процесі толығынан жүреді. Флотацияланатын бөлшектердің жұққырлығы олардың бетіне БАЗ сіңірілген (адсорбцияланған) кезде өзгереді. Нәтижесінде БАЗ-дың гидрофильді топтары бөлшекке бекітіледі де, гидрофобты топтары ерітіндіде орналасады. БАЗ – жинағыш реагенттер, бөлшектердің су жұғу қабілетін азайтады, яғни гидрофобты жасайды.

Жинағыш реагенттер ретінде – майлар, майлы қышқылдар мен олардың тұздары, меркаптандар, ксантогенаттар, дитиокарбонаттар, алкилсульфаттар, аминдер және т.б. қолданылады. Бөлшектердің гидрофобтығын олардың бетіне еріген тұздардың молекулаларын сорбциялау арқылы да арттыруға болады.

Көпіршік – бөлшек комплексінің түзілу энергиясы мынаған тең:

$$A=\sigma (1 - \cos\Theta),$$

мұнда σ – ауа шекарасындағы судың беттік керілуі.

Суды жақсы жұқтыратын бөлшектерде $\Theta \rightarrow 0$, ал $\cos\Theta \rightarrow 1$, яғни жабысу беріктігі минимальды, суды жұқтырмайтын бөлшектер үшін максимальды, $\Theta \rightarrow 1$, $\cos\Theta = 0$.

Флотация процесінің тиімділігі ауа көпіршіктерінің размерлері мен санына байланысты. Көпіршіктердің оптимальды размері 15–30 мкм. Суды көпіршіктермен жақсы қанықтыру керек немесе газдардың құрамы жоғары болуы керек.

Судағы көпіршіктердің размерлерін тұрақтандыру үшін, әр түрлі көпіршік түзгіш заттар қолданылады. Оларға крезолдар, фенолдар,

натрийдің алкил-сульфаты және т.б. жатады. Бұлардың кейбіреулерінің жинағыш және көбік түзетін қасиеттері бар.

Флотация ауа (немесе басқа газдың) көпіршіктерін алу әдістеріне қарай төмендегіше жіктеледі:

1) ауаны механикалық диспергирлеу арқылы түзілген көпіршіктермен флотация (механикалық, қысымсыз және пневматикалық флотация қондырғылары);

2) ерітіндіден ауа бөлінуі арқылы жүретін флотация (вакуумдық, қысымды және эрлифті флотация қондырғылары);

3) ауаны тесікті материалдар арқылы беру;

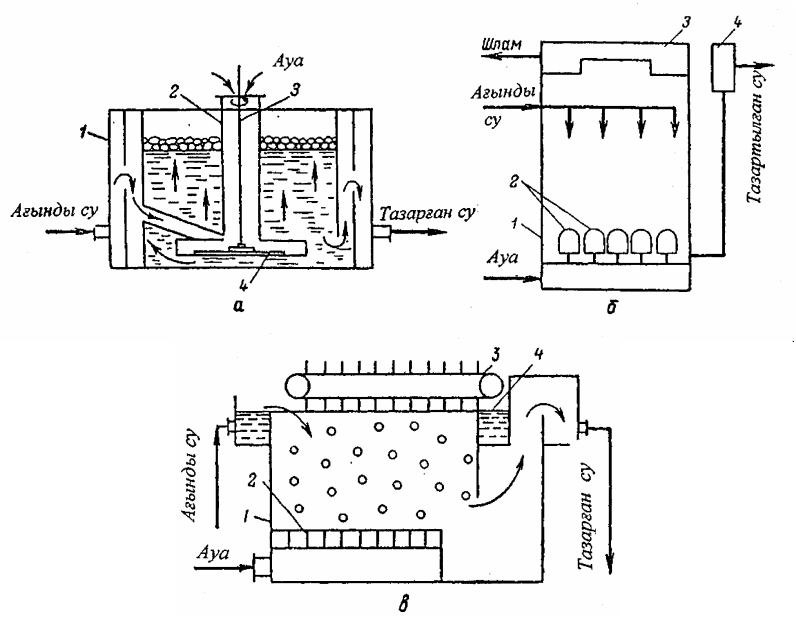
4) биологиялық, химиялық және иондық флотация;

5) электрофлотация;

2.9.1 Ауаны механикалық диспергирлеу арқылы түзілген көпіршіктермен флотация

Ауаны механикалық диспергирлеу флотациялық машиналарда сорғыш тәрізді турбинкалармен – импеллермен жүргізіледі. Импеллер – диск тәрізді айналып тұрады. Осындай қондырғылар пайдалы қазбаларды байытуда кеңінен қолданылады. Соңғы кезде құрамында жүзгін заттары көп ағынды суларды тазартуға пайдаланатын болды (2 г/л-ден көп). Импеллер сұйықтың ішінде айналғанда көпіршіктерге бөлінген құйынды ағын пайда болады. Көпіршіктердің шамасы және тазарту тиімділігі импеллердің айналу жылдамдығына байланысты. Жылдамдық үлкен болған сайын, көпіршік кішкентай және тазарту дәрежесі жоғары болады. Алайда жоғарғы жылдамдық кезінде ағыстың турбуленттілігі өседі және ұлпақ тәрізді бөлшектердің бұзылуы мүмкін, сондықтан тазарту процесінің тиімділігінің төмендеуіне әкеледі. Импеллерлі флотация қондырғысы 22, а - суретте көрсетілген.

Ағынды су флотациялық машинаның қабылдағыш қалтасына түседі де, су құбыры арқылы валдың төменгі жағында айналып тұрған импеллерге жіберіледі. Вал ауаны соратын түтікшеге бекітілген, флотация үшін суды ауамен қанықтыру дәрежесі жоғары болуы керек. Әдетте флотациялық машина біртіндеп жалғастырылған бірнеше камералардан тұрады. Импеллердің диаметрі – 600–700 мм.



22-сурет. Флотаторлар

а – импеллермен; 1 – камера; 2 – құбыр; 3 – вал; 4 – импеллер; б – тесікті тығындармен; 1 – камера; 2 –тесікті тығындар; 3 – науа; 4 – деңгейді реттегіш; в – фильтрососты пластиналармен; 1 – камера; 2 – фильтрососты пластиналар; 3 – қырғыш; 4 – шламқабылдағыш

2.9.2 Ерітіндіден ауа бөлінуі арқылы жүретін флотация

Бұл әдіс құрамында өте майда ластаушы заттары бар ағынды суларды тазарту үшін қолданылады. Әдіс ағынды суда ауаның аса қанықкан ерітіндісін жасауға негізделген. Қысымды азайтқан кезде ерітіндіден ауа көпіршіктері бөлінеді де, ластаушы заттарды судың бетіне алып шығады (флотациялайды). Ауаның аса қанықкан ерітіндісін жасау әдісіне байланысты вакуумды, қысымды және эрлифті флотацияға жіктеледі.

Вакуумды флотация әдісінде ағынды суды алдын ала атмосфералық қысыммен аэрация камераларында ауамен қанықтырады, одан соң флотация камерасына жібереді. Камерадағы бөлінген ұсақ ауа көпіршіктері ластаушы заттарды судың бетіне алып шығады. Флотация процесінің ұзақтығы 20 мин. Әдістің төмендегідей артықшылықтары бар: газ

көпіршіктерінің түзілуі және олардың ластаушы бөлшектермен жабысуы қалыпты ортада жүреді (көпіршік – бөлшек агрегатының бұзылуы ықтималдығы минимальды). Кемшіліктері: газ көпіршіктерімен суды қанықтыру дәрежесі жеткіліксіз, сондықтан бұл әдісті жүзгіндердің концентрациясы жоғары кезде қолдануға болмайды (250–300 мг/л-ден артық емес). Герметикалық тығыз жабылған флотаторлар және қырғыш механизмдер қажет.

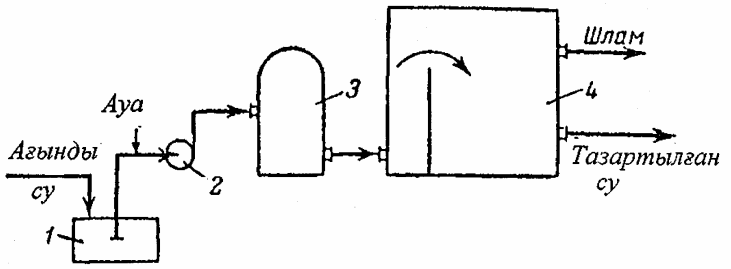
Қысымды флотациялық қондырғылар вакуумдыға қарағанда кең таралған. Олар қарапайым және сенімді. Қысымды флотация құрамындағы жүзгіндердің концентрациясы 4 – 5 г/л дейінгі ағынды суларды тазартуға мүмкіндік береді. Тазарту дәрежесін өсіру үшін суға коагулянттар қосылады.

Қысымды флотация қондырғыларында мұнай ұстағыштармен салыстырғанда ластаушы заттардың қалдық мөлшері 5–10 есе аз және габариті 5–10 есе кіші. Процесс екі сатымен жүреді:

1) суды ауамен қысым арқылы қанықтыру;

2) еріген газдың атмосфералық қысыммен бөлінуі. Қысымды флотацияның сызбанұсқасы (23-суретте) көрсетілген.

Ағынды су қабылдағыш резервуарға құйылады. Осы жерден ағынды суды ауаны сорып тұратын құбыр арқылы сорғышпен қысымды бакқа жібереді.



23-сурет. Қысымды флотация қондырғысының сызбанұсқасы

1– қабылдағыш ыдыс; 2 – сорғыш; 3 – қысымды бак; 4 – флотатор

Құбырдың ішінде су-ауа қоспасы түзіледі. Қысымды бакта жоғары қысым (0,15–0,4 МПа) әсерінен ауа суда ериді. Ауа-су қоспасы флотаторға түседі. Флотатор атмосфералық қысыммен жұмыс істейді, ауа көпіршіктер түрінде бөлініп, ластаушы заттарды судың бетіне флотациялайды.

Құрамында қатты бөлшектері бар көбікті судың бетінен қырғыш механизм арқылы бөліп алады. Тазартылған суды флотатордың

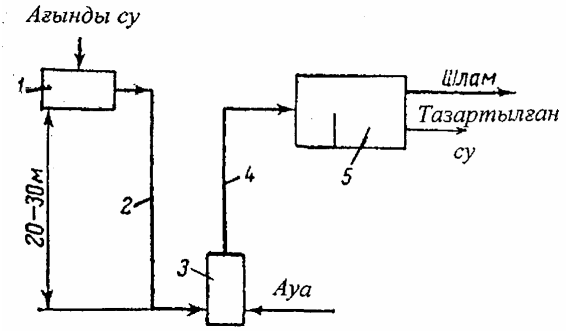
төменгі бөлігінен шығарады. Коагулянттар қолданған кезде ұлпақ түзілу қысымды ыдыста жүреді.

Берілген сызбанұсқада, флотацияға түскен ағынды судың барлығы ауамен қанығады. Басқа сызбанұсқалар да бар.

Қысымды флотация қондырғыларының өнімділігі 5–10-нан 1000–2000 $м^3$/сағ дейін болады. Судың қысымды ыдыста болу ұзақтығы 14 минут, ал флотациялық камерада 10–20 минут болады.

Егер флотация процесімен бір мезгілде ластаушы заттарды тотықтыру қажет болған жағдайда суды оттегімен немесе озонмен байытылған ауамен қанықтырады. Тотығу процесін болдырмау үшін суға ауаның орнына инертті газдарды жіберген дұрыс.

Эрлифті қондырғыларды химия өнеркәсібінің ағынды суларын тазарту үшін қолданады. Олар қарапайым және процесті жүргізу үшін, қысымды қондырғылармен салыстырғанда энергия шығыны 2–4 есе аз жұмсалады. Бұл қондырғылардың кемшілігі – флотация камераларын өте жоғары биіктікте орналастыру қажеттілігі. Эрлифті қондырғылардың сызбанұсқасы (24-суретте) көрсетілген.



24-сурет. Эрлифт қондырғының сызбанұсқасы

1 – ыдыс; 2 – құбыр; 3 – аэратор; 4 – эрлифт құбыры; 5 – флотатор

Ағынды су, 20–30 м биіктікте орналасқан ыдыстан аэраторға жіберіледі. Аэраторға қысылған ауа беріледі де, жоғары қысыммен ериді, эрлифт құбыры арқылы көтерілгенде, ағынды су ауа көпіршіктерімен қанығады.

Флотаторда көпіршіктер судың бетіне ластаушы заттармен бірге шығады. Судың бетінде түзілген көбікті қырғыш арқылы бөліп алады. Тазартылған су флотатордың төменгі жағынан шығарылады.

2.9.3 Тесікті материалдар арқылы жүретін флотация

Ауаны тесіктері бар керамикалық пластиналар арқылы өткізгенде ұсақ көпіршіктер алынады.

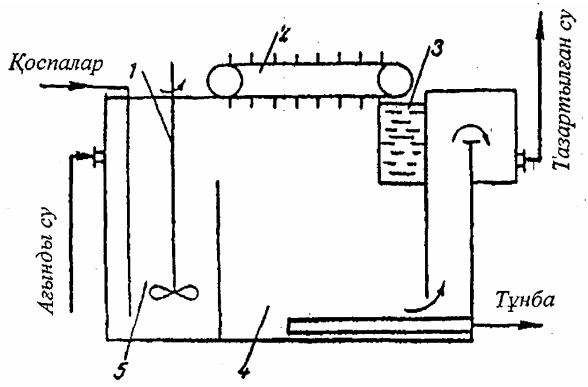
Бұл флотация әдісінің басқаларына қарағанда артықшылықтары бар: флотациялық қондырғы қарапайым, энергия шығыны аз (сорғыш, импеллер жоқ). Әдістің кемшіліктері: тесікті материалдың ауаны көпіршіктерге бөлетін саңылаулары жиі бітеліп қалады. Флотация тиімділігі материалдың саңылауларына, ауаның қысымына, ауаның шығынына, флотацияның ұзақтығына, флотатордағы судың деңгейіне байланысты. Тәжірибелердің нәтижесі бойынша саңылаулардың размері 4–20 мкм аралығында, ауаның қысымы 0,1 – 0,2 МПа, ауа шығыны 40 – 70 $м^3/(м^2 \cdot сағ)$, флотация ұзақтығы 20 –30 мин, флотация қондырғысындағы судың деңгейі 1,5–2,0 м болғанда тазарту процесі тиімді жүретіні дәлелденген.

2.9.4 Биологиялық, химиялық және иондық флотация

Биологиялық флотация әдісі тұрмыстық ағынды суларды тазарту кезінде бірінші тұндырғыштан шыққан тұнбаларды нығыздау үшін қолданылады. Осы мақсат үшін тұнбаны арнайы ыдыстарда бумен 35–55 ^{0}С дейін бірнеше тәулік бойы қыздырады. Микроорганизмдердің тіршілігі нәтижесінде бөлінген газ көпіршіктері, тұнбаның бөлшектерін көбікті қабатқа алып шығады. Осы қабатта тұнба нығыздалады және сусызданады. 5–6 тәулікте тұнбаның ылғалдығы 80%-ке төмендейді. Қазіргі кезде активті лайды флотациялық нығыздау әдістері жасалуда.

Химиялық флотация. Ағынды суға кейбір заттарды қосқанда O_2, CO_2, Cl_2 газдары бөлінуі арқылы химиялық реакциялар жүруі мүмкін. Осы газдардың көпіршіктері судағы ерімеген жүзгін бөлшектерді өздеріне жабыстырып, көбікті қабатқа алып шығады. Осындай құбылыс мысалы, суды коагулянттар қосу арқылы хлорлы ізбеспен өңдегенде байқалады. Химиялық флотация қондырғысының сызбанұсқасы 25-суретте көрсетілген.

Ағынды су реакциялық камераға құйылады. Осы камерада реагенттер қосылады. Дегазация процесі жүрмеу үшін ағынды судың камерада болу ұзақтығы минимальды болуы тиіс. Су газдармен қанықкан соң флотациялық камераға жіберіледі. Әдістің кемшілігі – реагент шығыны көп.



25-сурет. Химиялық флотация қондырғысының сызбанұсқасы

1 – араластырғыш; 2 – қырғыш; 3 – шламқабылдағыш; 4 – флотациялық камера; 5 – реакциялық камера

Иондық флотация. Ағынды суға әр түрлі әдістермен көпіршіктерге бөлінген ауа және жинағыш (БАЗ) қосады. Жинағыш суда бөліп алатын иондарға қарама-қарсы иондар түзеді. Жинағыштың және ластаушы заттардың иондары бірігіп, газ көпіршіктерінің бетіне жабысып, көбікке шығады. Көбікті флотациялық камерадан шығарып, ластаушы заттың иондарын көбіктен бөліп алады. Бұл процесті ағынды судан металдарды (Mo, W, V, Pt, Re және т.б.) бөліп алу үшін қолдануға болады. Бөлініп алатын иондардың мөлшері өте аз – 10^{-3} – 10^{-2} моль- ион/л болғанда, бұл процесс тиімді.

2.10 Су тазартудың сорбциялық әдістері

Сорбция – заттың қоршаған ортадан қатты затпен, сұйық және газбен сіңіру процесі, сіңірілетін зат – сорбат, сіңіретін зат – сорбент деп аталады. Егер сіңірілетін зат сорбентпен химиялық реакцияға түсетін болса, процесс – хемосорбция деп аталады.

Ағынды суларды тазарту технологиясында негізінен сорбенттің қатты бетімен адсорбциялау процесін қолданады. Адсорбция әдісін ағынды суларда биохимиялық тазартудан соң еріген органикалық заттардан тереңірек тазарту үшін қолданады. Егер ластаушы заттардың мөлшері аз, биологиялық ыдырамайтын және өте улы болса адсорбция әдісін локальды тазару қондырғыларында қолданады. Адсорбция әдісімен целлюлоза-қағаз, химия, мұнай химия және т.б. өнеркәсіптердің ағынды суларын фенолдардан, пестицидтерден,

ароматты нитроқосылыстардан, БАЗ, бояулардан тазартады. Әдістің артықшылығы – ағынды судың құрамында ластаушы заттардың мөлшері аз кезде тазару тиімділігі жоғары, құрамында бірнеше ластаушы заттары бар ағынды суларды тазартуға болады.

Адсорбциялық тазартудан соң адсорбентті регенерация жасауға болады, яғни бөліп алынған затты утилизация жасайды.

Кей жағдайда ағынды судан бөліп алынған ластаушы зат адсорбентпен бірге жойылады.

Адсорбция процесінің тазарту өнімділігі 90–95 %-ке дейін жетеді, ол адсорбенттің табиғатына байланысты.

Адсорбенттер. Сорбенттер ретінде активті көмір, синтетикалық сорбенттер және кейбір өндіріс қалдықтары (күл, шлак, ағаш үйіндісі және т.б.) қолданылады. Минералды сорбенттер – саз, селикогель, алюмогель және металдардың гидроксидтері – ағынды суларды тазартуда сирек қолданылады, себебі, олардың су молекуласымен әрекеттесу энергиясы кейде адсорбция энергиясынан асып кетеді. Ең универсальды адсорбент – активті көмір, алайда оның белгілі бір қасиеттері болуы керек.

Активті көмір – су молекуласымен нашар, ал органикалық заттармен жақсы әрекеттесуі және үлкен, ірі түйіршікті болуы керек. Аз уақыт ішіндегі адсорбциялық сыйымдылығы жоғары, активті болуы қажет. Көмір суды жақсы жұқтыруы керек және белгілі бір гранулометриялық құрамы болуы керек. Тазарту процесінде бөлшектерінің мөлшері 0,25–0,5 мм-ден ұсақ түйіршікті және мөлшері 40 мкм аз жоғары дисперсті адсорбенттер қолданылады.

Адсорбент арзан болуы қажет, регенерациядан соң адсорбциялық сыйымдылығы азаймайтын болуы керек.

Активті көмірді құрамында көміртек бар кез келген шикізаттан: көмір, ағаш, полимерлер, тамақ, целлюлоза-қағаз және т.б. өнеркәсіп салаларының қалдықтарынан алуға болады.

Активті көмірдің адсорбциялық қабілеті оның сыртқы бетінің және саңылауларының жақсы дамығандығына байланысты.

Адсорбция процесінің негізі. Су ерітіндісінен активті көмірмен жақсы адсорбцияланатын заттардың адсорбциясының изотермасы дөңес, нашар адсорбцияланатын заттардың изотермасы – ойыс болады. Ағынды судағы заттардың изотермасы тәжірибе арқылы анықталады. Теңдеулер бойынша есептеуге де болады.

$$a=a_{\infty}\cdot K_w\cdot C_p/(V^*_{H\,O}/V^*_i+K_w\cdot C_p),$$

мұнда а – меншікті адсорбция, ммоль/г;

a_∞ – заттың максимальды меншікті адсорбциясы (адсорбциялық сыйымдылық), ммоль/г;

$K_w = K_a/55,5$ – судың иондық көбейтіндісі;

K_a – адсорбциялық тепе-теңдіктің константасы;

$V^*_{H\,O}$ және V^*_i – судың және сіңірілетін заттың молярлық көлемі;

C_p – тепе-теңдіктегі концентрация, ммоль/г.

Егер ағынды судың құрамында бірнеше ластаушы компоненттер болса, олардың бірге адсорбциялану мүмкіндігін табу үшін, әр заттың стандартты дифференциалды еркін энергиясын ΔF^0 анықтау керек, одан соң оның максималды және минимальды мәндерінің айырмашылығын табу қажет. Егер $\Delta F_{макс} - \Delta F_{мин} \leq 10,5$ кДж/моль шарты орындалса, барлық компоненттерді бірге адсорбциялау мүмкіндігі бар. Егер бұл шарт орындалмаса, әр компонентті кезекпен бірнеше сатымен тазартады.

Адсорбция жылдамдығы еріген заттардың концентрациясына, табиғатына және құрылысына, судың температурасына, адсорбенттің түріне және қасиеттеріне байланысты. Жалпы, адсорбция процесі үш сатымен жүреді: сіңірілетін заттың ағынды судан адсорбент түйіршіктерінің бетіне өтуі (сыртқы диффузиялық облыс), адсорбция процесінің өзі, сіңірілетін заттың адсорбент түйіршіктерінің арасына өтуі (ішкі диффузиялық облыс).

Адсорбция процесінің өзінің жылдамдығы өте жоғары, ол жалпы жылдамдықты шектемейді. Яғни, шектеуші саты сыртқы диффузия немесе ішкі диффузия болуы мүмкін. Кей жағдайда процесті екі саты да шектеуі мүмкін.

Сыртқы диффузия облысындағы жылдамдық ағыстың турбуленттігінің жылдамдығына байланысты. Ішкі диффузия облысындағы жылдамдық адсорбент саңылауларының түріне және размерлеріне, түйіршіктерінің формасы мен размерлеріне, сіңірілетін заттың молекуласының мөлшеріне байланысты.

Осы жағдайлардың барлығын ескере отырып, ағынды суды адсорбция әдісімен тазартудың қолайлы жылдамдығын анықтайды. Процесті ішкі облыс диффузия облысына байланысты болатындай гидродинамикалық жағдайларда жүргізген дұрыс. Осы кезде адсорбенттің түйіршіктерінің размерін кішірейту арқылы структурасын өзгертіп, кедергіні азайтуға, яғни тазарту процесінің жылдамдығын өсіруге болады. Шамамен есептеулер үшін жылдамдықтың мәнін – $w = 1,8$ м/сағ және адсорбенттердің түйіршіктерінің диаметрін $d_m = 2,5$ мм деп алу ұсынылады. Егер w мен d_m мәндері осы көрсетілген шамалардан аз болса, процесс ішкі диффузия облысында шектеледі, үлкен болса сыртқы диффузия облысында шектеледі.

2.10.1 Адсорбциялық қондырғылар

Ағынды суларды адсорбциялық тазарту процесін әр түрлі әдістермен жүргізеді:

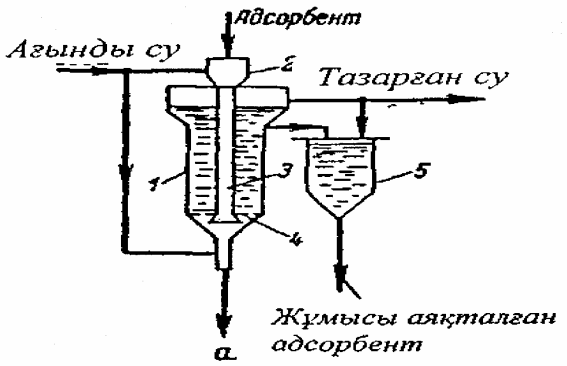
а) адсорбентті сумен интенсивті араластыру арқылы;

б) суды адсорбенттің қозғалмайтын қабаты арқылы фильтрлеу;

в) суды үздіксіз және периодты жұмыс істейтін қондырғылардың қоймалжың сияқты қабатынан өткізу.

Адсорбентті сумен араластыру үшін бөлшектері 0,1 мм немесе одан кіші активті көмір қолданады. Процесті бір немесе бірнеше сатымен жүргізеді.

Адсорбент өте арзан және өндіріс қалдығы болған кезде ғана бір сатылы адсорбция қолданылады. Көп сатылы қондырғыларды қолданғанда процесс тиімді жүреді (адсорбент шығыны аз жұмсалады). Бұл жағдайда бірінші сатыға ластаушы заттардың концентрациясын $С_н$-нен $С_1$-ге дейін азайту үшін қажетті адсорбент мөлшерін ғана қосады, одан соң адсорбентті тұндыру немесе фильтрлеу арқылы бөліп алады, ал ағынды суды жаңа адсорбент қосылған тазартудың екінші сатысына жібереді. Адсорбция процесінің екінші сатысының соңында судағы ластаушы заттардың концентрациясы $С_1$-ден $С_2$-ге дейін азаяды және процесс осылай жалғаса береді.



26-сурет. Адсорбер

а – цилиндр тәрізді бір ярусты: 1 – колонна; 2 – су құйғыш; 3 – құбыр; 4 – тор; 5 – жинағыш

Фильтрлеу жылдамдығы еріген заттардың концентрациясына байланысты және 2–4-тен 5–6 $м^3/(м^2 \cdot сағ)$ аралығында ауытқиды. Су

колоннада төменнен жоғары қарай қозғалады. Бөлшек размерлері 1,5–5 мм аралығындағы адсорбенттер қолданылады. Түйіршіктерінің размерлері кіші болған сайын, сұйықты фильтрлеу кедергісі өседі. Көмірді тордың үстіне салынған қиыршық тастың үстіне салады. Адсорбент бітеліп қалмауы үшін, ағынды судың құрамында қатты жүзгін заттар болмауы керек.

Тазарту процесін соңына дейін жүргізеді, одан соң адсорбентті регенерация жасайды, қондырғыны тоқтатып қояды.

Үздіксіз процесс кезінде бірнеше колонналар қолданылады. Осындай схема бойынша екі колонна кезекпен жұмыс істейді, ал үшіншісі регенерацияға тоқтатылады.

Ағынды суда жүзгіндердің мөлшері көп кезде, қоймалжың тәрізді қабат қондырғыларынан пайдаланған тиімді. Адсорбент түйіршіктерінің размерлері 0,5–1 мм аралығында болуы керек. Ағыстың жылдамдығы 8–12 м/сағ. Қоймалжың тәрізді қабатты қондырғылар әр түрлі. Ең қарапайым цилиндр тәрізді, қозғалатын қабаты бар адсорбердің сызбанұсқасы 26, а-суретте көрсетілген.

Активті көмір қоймалжың тәрізді қабат арқылы құбырмен, саңылауларының диаметрі 5 –10 мм шамасындағы таратқыш торға үнемі түсіп отырады. Ағынды су адсорбент түйіршіктерімен бірге тордың саңылауларынан өтеді. Тордың бетінде қоймалжың тәрізді қабат пайда болады, осы жерде тазару процесі жүреді. Көмірдің артық мөлшері жинағышқа түседі, одан соң регенерацияға жіберіледі. Тазарған суды бағаналардың жоғарғы жағында орналасқан науалар арқылы шығарады. Сумен бірге шыққан көмір бөлшектері жинағышқа түседі. Қондырғы биіктігі 4 м, түбі конус тәрізді бағана болып табылады. Бағананың жоғарғы жағының диаметрі негізгі бөлігінің диаметрінен 1,5 – 2 есе үлкен.

2.10.2 Адсорбенттің регенерациясы

Ағынды суларды адсорбциялық тазарту процесінің маңызды стадиясы – активті көмірдің регенерациясы. Адсорбцияланған затты көмірден қанықкан немесе ысытылған су буымен немесе ысытылған инертті газбен десорбция жасау арқылы бөліп алады. Ыстық будың температурасы 200–300^{0}С, инертті газдың температурасы 120–140^{0}С. Десорбциядан соң буды салқындатып, затты конденсаттан бөліп алады.

Көмірдің регенерациясы үшін қайнау температурасы төмен органикалық еріткіштердің қолданылуы мүмкін. Органикалық еріткіштермен (метанолмен, бензолмен, толуолмен, дихлорэтанмен және т.б.) регенерация кезінде процесті жылыту арқылы немесе жылытпай

жүргізеді. Әлсіз органикалық электролиттерді десорбциялау үшін, оларды диссоциацияланған түріне ауыстырады. Осы кезде көмірде сіңірілген иондар ерітіндіге өтеді, ерітіндіден ыстық сумен, қышқыл немесе сілті ерітінділерімен бөліп алады.

Кей жағдайда регенерация сіңірілген затты химиялық жолмен адсорбенттен оңай бөлініп алатын қосылысқа айналдырады. Ал егер сіңірілген зат бағалы болмаса, химиялық реагенттермен деструктивті регенерация жасайды (хлормен, озонмен, тотықтыру немесе термиялық әдіс). Термиялық регенерацияны конструкциялары әр түрлі пештерде 700–800^{0}С температурада, оттегісіз ортада жүргізеді. Регенерацияны газдың немесе сұйық отынның жану өнімдерінің және су буының қоспасымен жүргізеді. Бұл жағдайда адсорбенттің бір бөлігі (15–20 %) жойылады. Адсорбцияланған затты биохимиялық тотықтыру арқылы жүретін, активті көмірді биологиялық регенерациялау әдістері зерттелуде. Бұл әдіс сорбентті қолдану уақытын біраз ұзартуға мүмкіндік береді.

2.11 Мембраналық әдістердің сипаттамалары, кері осмос және ультрафильтрация

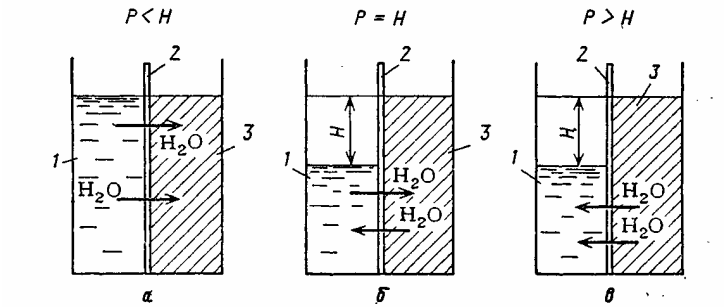
Кері осмос (гиперфильтрация) және ультрафильтрация – сұйық жүйелерді бөлудің мембраналық әдістері. Бұл әдіс гомогенді ерітінділерді жартылай өткізгіш мембраналар арқылы осмос қысымынан артық қысыммен фильтрлеуге негізделген. Жартылай өткізгіш мембраналар судың молекуласын өткізеді, ал тұз иондары және органикалық қосылыстардың молекулаларын өткізбейді.

Бұл процестердің кәдімгі фильтрлеуден айырмашылықтары бар. Кәдімгі фильтрлеу процесі арқылы екі фазалы (гетерогенді) сұйық жүзгін заттардан тазартылады. Ал кері осмос арқылы нағыз ерітінділер (гамогенді, бір фазалы) тазартылады. Тағы да бір айырмашылығы кәдімгі фильтрлеу кезінде сүзілген тұнба фильтрдің бетінде немесе фильтрлегіш материалдың арасында (ішінде) қалады, фильтр ластанғанда кері бағытпен су жіберіп жуып тастайды. Ал кері осмос кезінде мембрана ластанбау керек, яғни фильтрленетін зат мембрананың бетінде қалмауы керек, не мембрана оны сіңірмеуі тиіс. Мембрананың ластануы кері осмостың жүруіне кедергі келтіреді.

Кері осмос процесі арқылы размерлері су молекулаларының размерлерінен артық емес бөлшектер (молекулалар, гидрат иондар) бөлінеді. Ультрафильтрация кезінде кейбір бөлшектердің размерлері үлкенірек болады. Осы тазарту процестерін қолданудың шартты шекаралары төменде келтірілген:

процесс	кері осмос	ультрафильтрация	макрофильтрация
$d_б$, мкм	0,0001 – 0,001	0,001 – 0,02	0,02 – 10

Кері осмос әдісі осмос құбылысына – еріткіштің жартылай өткізгіш мембрана арқылы өздігінен ерітіндіге өтуіне негізделген (27-сурет).



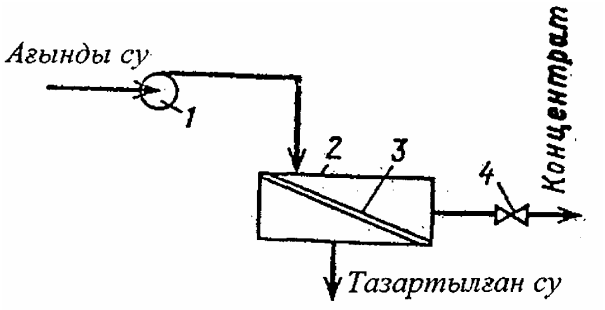
27-сурет. Осмос сызбанұсқасы (Н – осмос қысымы; Р – жұмыстық қысым)

а – тіке осмос; б – осмостық тепе-теңдік; в – кері осмос; 1– таза су; 2 – мембрана; 3 – ерітінді

Ерітіндіде тепе-теңдік пайда болатын қысым осмос қысымы деп аталады 27,б-сурет. Сырттан осмос қысымынан артық қысым берілгенде, еріткіш кері бағытқа өте бастайды (27, в-сурет). Сондықтан бұл процесс кері осмос деп аталған.

Жартылай өткізгіш мембраналар – осмос аппаратының негізгі бөлігі, технологиялық процестердің көрсеткіштерін анықтайды. Мембраналардың түрлері көп, бірақ өнеркәсіпте кейбірі ғана қолданылады. Жартылай өткізгіш мембраналар әртүрлі полимерлерден, саңылаулы шыныдан, графиттен, металл фольгадан дайындалады. Мембраналардың қасиеттері (химиялық тұрақтылығы, механикалық төзімділігі) оның материалына байланысты. Мембраналарды парақ немесе құбыр тәрізді етіп дайындайды.

Кері осмос әр түрлі өнеркәсіптерге (жартылай өткізгіштер, кинескоптар, дәрі-дәрмектер жасайтын) су дайындау жүйелерінде суды тұзсыздандыру үшін кеңінен қолданылады. Соңғы кезде өндірістік және қалалық ағынды суларды тазарту үшін де қолданылып жүр. Кері осмостың қарапайым қондырғысы бір-бірімен жалғастырылған жоғары қысымды сорғыштан және модулден (мембранды элементтен) тұрады (28-сурет).



28-сурет. Кері осмос қондырғысының сызбанұсқасы

1 – жоғары қысымды сорғыш; 2 – кері осмос модулі; 3 – мембрана; 4 – шығару клапоны

Әдістің жетістіктері: процесті бөлме температурасында, ешқандай реагент қоспай немесе аздап қана қосып жүргізуге болады, қондырғылары қарапайым. Әдістің кемшіліктері: концентрациялық поляризация құбылысы пайда болуы мүмкін, яғни мембрананың бетінде еріген заттың концентрациясының өсуі ықтимал. Бұл қондырғының өнімділігін төмендетеді; мембрананың бөлу қабілеті нашарлайды, қызмет ету мерзімі қысқарады; процесті жоғары қысым арқылы жүргізу арнайы нығыздалған аппаратураны пайдалануды қажет етеді.

Процестің тиімділігі қолданылатын мембраналарға байланысты. Мембраналардың бөлу қабілеттілігі (селективтілігі) жоғары, меншікті өнімділігі үлкен, ортаның әсерлеріне тұрақты болуы керек. Пайдалану кезінде сипаттамаларын өзгертпеуі керек, механикалық төзімділігі жоғары және бағасы төмен болуы тиіс.

3 – БӨЛІМ

АҒЫНДЫ СУЛАРДЫ ТАЗАРТУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

3.1. Ағынды сулардың құрамы мен қасиеттері

3.1.1 Ағынды сулардың түзілу ерекшеліктері

«Ағынды сулар» – адамның іс-әрекеті нәтижесінде тұрмыстық және технологиялық мақсаттарға пайдаланылуының нәтижесінде де өзінің физика-химиялық қасиеттерін өзгерткен, ластанған сулар.

Ластаушы заттардың табиғатына байланысты ағынды сулар органикалық, минералды және биологиялық ластанады. Органикалық ластаушы заттар – өсімдік немесе жануар текті заттардың қоспасы. Минералды ластаушы заттар – кварц құмы, саз, сілтілер, минералды қышқылдар және олардың тұздары және т.б. Биологиялық және бактериялармен ластану – әр түрлі микроорганизмдер: саңырауқұлақтар, ұсақ балдырлар мен бактериялар, оның ішінде ауру таратушы бактериялар – әр түрлі аурулардың қоздырғыштарымен ластану. Ластаушы заттар еріген, коллоидты және ерімеген түрде болуы мүмкін.

Ағынды судың құрамындағы қоспалар табиғатына байланыссыз, бөлшектерінің размерлеріне сәйкес төрт топқа бөлінеді.

Бірінші топқа суда ерімейтін ірі дисперсті қоспалар жатады. Қоспалар органикалық немесе бейорганикалық болуы мүмкін. Микроорганизмдер (қарапайымдар, балдырлар, саңырауқұлақтар) бактериялар және гельминттердің жұмыртқалары осы топқа жатады. Бұл қоспалар сумен тұрақсыз жүйелер түзеді. Белгілі бір жағдайларда олар тұнбаға түсуі немесе судың бетіне қалқып шығуы мүмкін. Бұл топтың ластаушы заттарының негізгі бөлігін гравитациялық тұндыру арқылы бөліп алуға болады.

Екінші топқа бөлшектерінің размерлері 10^{-6} см аз коллоидты заттар жатады. Бұл топқа жоғары молекулалы қосылыстар да жатады, себебі олардың қасиеттері коллоидты жүйелерға ұқсайды. Физикалық жағдайларға байланысты, бұл топтың қоспалары өздерінің агрегаттық жағдайларын өзгертуі мүмкін. Олардың бөлшектерінің размерлерінің кішілігі ауырлық күшінің әсерінен тұнуын қиындатады. Қоспалардың агрегаттық тұрақтығы бұзылғанда тұнбаға түседі.

Үшінші топқа бөлшектерінің размерлері 10^{-7} см кіші қоспалар жатады. Олар сумен молекулалық ерітінділер түзеді. Ағынды суларды үшінші топтың қоспаларынан тазарту үшін биологиялық және физика-химиялық әдістер қолданылады.

Төртінші топқа бөлшектерінің размерлері 10^{-8} см-ден кіші қоспалар жатады. Бұлар қышқылдардың, тұздардың және негіздердің иондық ерітінділері. Бұлардың кейбірін, мысалы аммоний тұздары мен фосфаттарды ағынды судан биологиялық тазарту процесі арқылы бөліп алады. Тұздардың концентрациясын азайту үшін ион алмасу, электродиализ және т.б. физика-химиялық әдістер қолданылады.

Шығу тегіне байланысты ағынды сулар үш негізгі топқа бөлінеді: тұрмыстық, өндірістік және атмосфералық ағынды сулар.

Тұрмыстық ағынды сулар су шығару жүйесіне адамның тіршілігі мен іс-әрекетінің нәтижесінде тұрғын үйлердің, қоғамдық тамақтандыру орындарынан, ауруханалардан және т.б. түседі.

Бұл сулардың құрамында микроорганизмдер өте көп, олардың арасында ауру таратушы микроорганизмдер де болуы мүмкін. Тұрмыстық ағынды сулардың ерекшелігі – олардың құрамы тұрақты болады. Органикалық ластаушы заттардың негізгі бөлігі белоктардан, майлардан, көмірсулардан және олардың ыдырау өнімдерінен тұрады. Бейорганикалық қоспалар кварц құмынан, саздан, адамның тіршілігі нәтижесінде түзілген тұздардан тұрады. Оларға фосфаттар, гидрокарбонаттар, аммоний тұздары (мочевинаның гидролизінің өнімі) жатады. Тұрмыстық ағынды сулардың ластаушы заттарының жалпы массасының 45–58 % -ын органикалық заттар құрайды.

Өндірістік ағынды сулар технологиялық процестердің нәтижесінде түзіледі. Ағынды сулардың сапасы және ластаушы заттардың концентрациясы келесі факторлармен анықталады: өндірістік кәсіп-орынның түріне және бастапқы шикізатқа байланысты, технологиялық процестерге байланысты. Тамақ өнеркәсібінің ағынды сулары органикалық заттармен ластанады. Көптеген кәсіпорындардың ағынды сулары әр түрлі қатынаста әрі минералды, әрі органикалық қоспалармен ластанады. Ағынды судың құрамындағы ластаушы заттардың концентрациясы да әр түрлі. Өнімнің бірлігіне жұмсалатын су шығынына, технологиялық процестердің және қондырғылардың жетілдірілгендігіне байланысты кең аралықта өзгеріп отырады.

Өндірістік ағынды сулардағы ластаушы заттардың концентрациясы уақытқа байланысты өзгереді және жеке цехтардағы немесе тұтас кәсіпорындағы технологиялық процестерге байланысты. Ағынды су шығынының және концентрациясының біркелкі еместігі тазарту қондырғыларының жұмысын қиындатады.

Атмосфералық ағынды сулар жауын-шашын нәтижесінде түзіледі. Бұл категорияға еріген қар сулары және көшені жуған сулар жатады. Атмосфералық ағынды сулардың құрамында қала көшелерінен жуылған

құм, саз бөлшектері, қоқыс және мұнай өнімдері бар. Атмосфералық ағынды сулардың ерекшеліктері – олардың эпизодтылығы және шығыны мен концентрациясының біркелкі еместігі.

Тұрғылықты жердің гидрогеологиялық жағдайларына, берілген аймақтағы өндірістік процестердің сипаттамасына, тұрмыстық және өндірістік ағынды сулардың шығынына байланысты су шығарудың қолайлы жүйесі таңдап алынады. Ағынды сулардың ластануы су тазартудың технологиясына және сол аймақтағы экологиялық жағдайға әсер етеді.

Ағынды сулардың негізгі сипаттамаларына ағынды судың көлемі жатады, шығыны л/с немесе $м^3/с$, $м^3$/тәулікпен өлшенеді; ағынды сулардағы ластаушы заттардың түрлері мен концентрациясы, мг/л, $г/м^3$, жатады. Ағынды сулардың маңызды сипаттамаларының бірі олардың түзілуі мен су шығару жүйесіне түсуінің біркелкілігі (немесе біркелкі еместігі) дәрежесі болып табылады. Бұл сипаттамалар су шығару жүйелерін жобалағанда ескеріледі.

3.1.2 Ағынды сулардың су қоймасына әсері

Су қоймасының өзін-өзі тазарту қабілеті ағынды судың су қоймасының суымен сұйылуы және араласу жағдайларына байланысты. Санитарлық талаптарды қанағаттандыру үшін ластаушы заттарға шектелген рұқсат етілген төгілім (ШРТ) тағайындалады. Оның мақсаты ағынды сумен бірге су қоймасына ластаушы заттардың түсуін шектеу. ШРТ әр мекемеге және әр зиянды затқа тағайындалады. ШРТ жергілікті су пайдалану жүйесіндегі заттардың шекті рұқсат етілген мөлшері, су объектісінің ассимиляциялық мүмкіндігін ескеріп жүзеге асырылады.

Табиғи су объектісіне ағынды су төгілгенде оның араласуы және сұйылуы ескеріледі. Ағынды суды сұйылту дегеніміз оның құрамындағы зиянды заттардың мөлшерін табиғи сумен араластырып азайту. Орташа және үлкен өзендерде сұйылтуды есептеу үшін Фролов-Родзиллер әдісі кеңінен қолданылады.

Араластыру коэффициенті төмендегі формуламен анықталады:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha\sqrt{L\phi}}}{1 + \frac{Q}{q} \cdot e^{-\alpha\sqrt{L\phi}}}$$

мұнда Q – су қоймасындағы судың шығыны, $м^3/с$;

q – ағынды судың шығыны, $м^3/с$;

α – араласудың гидравликалық факторын ескеретін коэффициент;

e – натуралды логарифмнің негізі;

$L_ф$ – фарватер бойынша бақылау нүктесіне дейінгі ара қашықтық, м;

α мәні былайша анықталады:

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}} \quad , \tag{3.1}$$

мұнда φ – өзеннің иреленділігінің коэффициенті;

ζ – ағынды суда төгетін жерге байланысты коэффициент жағалауға төгілетін болса, ζ = 1, ағыс бойынша (фарватер бойынша) төгілсе, ζ = 1,5;

E – диффузияның турбуленттілігінің коэффициенті, м/с.

Иреленділік коэффициенті φ төмендегі формуламен анықталады:

$$\varphi = L_ф / L,$$

мұнда L – бақылау нүктесіне дейінгі тіке ара қашықтық, м.

Диффузияның турбуленттілігінің коэффициенті былайша анықталады:

$$E = V_{орт.} \cdot H_{орт.} / 200, \tag{3.2}$$

мұнда $V_{орт.}$ – өзен ағысының орташа жылдамдығы, м/сек;

$H_{орт.}$ – бақылау нүктесі мен ағынды су төгілетін жердің аралығындағы өзеннің орташа тереңдігі, м.

Ағысты су қоймаларындағы есептеу нүктесіндегі сұйылту еселігі n төмендегі формуламен анықталады:

$$n = \frac{\gamma \cdot Q + q}{q} \quad , \tag{3.3}$$

мұнда γ – араластыру коэффициенті.

«Жер үсті суларын ағынды сулармен ластанудан қорғау» ережелері бойынша есептеу нүктесі деп, ағатын суларда жақын су пайдалану нүктесінен ағыс бойынша 1 км -ге жоғары, ал ақпайтын су қоймаларында, су пайдалану пуктінің екі жағынан да 1 км қашықтықта орналасқан нүктені айтады.

3.1.3 Ағынды суларды қалалық су шығару жүйесіне қабылдау шарттары

Өндірістік кәсіпорын қаланың ішінде немесе қалаға жақын орналасса, ластанған өндірістік ағынды суларды қалалық су шығару жүйесіне тастауға болады. Тұрмыстық ағынды суларды биологиялық тазартудың технологиялық процестерінің бұзылуын болдырмас үшін, ағынды сулар белгілі бір талаптарды қанағаттандыруы керек. Ол талаптардың негізгілері төмендегідей:

1) су шығару жүйесінің және қондырғылардың материалдарына агрессивті болмауы керек, қоспалардың ірілігі қалалық су шығару жүйесін бітемейтін болуы керек;

2) өндірістік ағынды суларда жанатын қоспалар – бензин, мұнай өнімдері, эфирлер, сондай-ақ жарылыс қаупі бар қоспалар түзетін еріген газ түріндегі заттар болмауы керек. Қалалық суларды биологиялық тазарту кезінде мұнай өнімдерінің мөлшері биохимиялық тазарту процесі үшін рұқсат етілген мөлшерден аспауы керек;

3) тұрмыстық және өндірістік ағынды сулардың қоспасының температурасы 40^0 С-дан аспауы қажет;

4) қалалық су шығару жүйесіне тасталатын ағынды сулардың құрамында бактериялар болмауы керек;

5) pH-тың орташа мәні 6,5 – 7 мәнінен аспауы керек;

6) өндірістік ағынды сулар осы талаптарға сәйкес келмесе, локальды тазарту қондырғыларында алдын ала тазартылады.

Қалалық су шығару жүйесіне түсетін өндірістік ағынды суларға қойылатын жалпы талаптар (8-кестеде) келтірілген.

8-кесте

Қалалық су шығару жүйесіне түсетін өндірістік ағынды суларға жалпы талаптар

Ағынды судың құрамы мен қасиеттерінің көрсеткіштері	Өлшем бірлігі	Шектелген рұқсат етілген концентрация (ШРК)
жүзгін заттар	мг/л	500
$ОБК_{толық}$	мг/л	500
ОХҚ	мг/л	800
pH		6,5-8,5
температура	^{0}C	40
түсі		1/16
қатты қалдық	мг/л	2000
хлоридтер	мг/л	350
сульфаттар	мг/л	500

Құрамында радиоактивті заттары бар өндірістік ағынды суларға ерекше көңіл бөлінеді. Мұндай суларды қалалық су шығару жүйесіне төгуге рұқсат етілмейді. Сондай-ақ, биологиялық «қатты» беттік активті заттарды және СБАЗ-ды төгуге рұқсат етілмейді.

3.1.4 Ағынды суларды су қоймасына төгу шарттары

Тазартылған ағынды суларды су қоймасына төгерде су объектісінің категориясын және ластаушы заттардың шектелген рұқсат етілген

концентрациясын ескеру қажет. Ағынды суларды су қоймасына төгу шарттары «Жер үсті суларын ағынды сулармен ластанудан қорғау ережелерінде» келтірілген. Шаруашылық-ауыз су, мәдени-тұрмыс және балық шаруашылығы мақсатында пайдаланылатын су қоймалары үшін су сапасының нормативтері осы ережелермен тағайындалған.

Сусыз технология қолданып немесе айналмалы және тұйық су пайдалану арқылы ағынды судың түзілуін жоюға мүмкіндік болған жағдайда, осы ережелер бойынша ағынды суларды су объектісіне төгуге тиім салынады.

Ереже су пайдалану категориясына сәйкес су сапасының нормативтерін тағайындайды. Орталықтандырылған немесе орталықтандырылмаған сумен жабдықтау көзі ретінде, сондай-ақ тамақ өнеркәсібін сумен жабдықтауға қолданылатын су қоймасының участогы бірінші категорияға жатады. Екінші категорияға су қоймасының, тұрғындардың демалысы және спорт мақсаты үшін пайдаланылатын участоктары жатады. Ережелерде келтірілген су объектісіндегі су сапасының нормативтері, ағатын су қоймаларында жақын жердегі су пайдалану пуктінен 1 км жоғары, ал ақпайтын су қоймаларында су пайдалану пуктінің екі жағынан да 1 км қашықтықта орналасқан нүктелерге (створларға) қатысты.

Су объектісінің категориясы санитарлық-эпидемиологиялық қызмет және балық шаруашылығы мекемелерінің қатысуымен нақтыланады. Қажетті тазартудан өткен ағынды сулар төгілгеннен кейін су объектісіндегі судың сапасына және қасиеттеріне арналған жалпы талаптар (9-кестеде) келтірілген.

9-кесте

Судың құрамына және қасиеттеріне қойылатын жалпы талаптар

Ағынды су төгілгеннен кейінгі су қоймасы суының құрамы мен қасиеттерінің көрсеткіштері	Су қоймасындағы судың құрамы мен қасиеттеріне қойылатын талаптар			
	Шаруашылық-тұрмыс және мәдени тұрмыс мақсатының категориялары		Балық шаруашылығы мақсатының категориялары	
	I	II	I	II
Жүзгін заттардың мөлшері	Асыруға болмайды			
	0,25	0,75	0,25	0,75
Мұнай өнімдерінің, майлардың және басқа да қалқымы заттардың қабықшалары	Рұқсат етілмейді			

9-кестенің жалғасы

Ағынды су төгілгеннен кейінгі су қоймасы суының құрамы мен қасиеттерінің көрсеткіштері	Су қоймасындағы судың құрамы мен қасиеттеріне қойылатын талаптар			
	Шаруашылық-тұрмыс және мәдени тұрмыс мақсатының категориялары		Балық шаруашылығы мақсатының категориялары	
	I	II	I	II
Судың иісі, дәмі және түсі	2 баллдан аспайтын иіс пен дәм рұқсат етіледі, (хлорлау кезінде немесе хлорлағаннан кейін). Судың түсі бағанның 20 см 10 см биіктігінен көрінбеуі керек.		Балық етіне әсер ететін бөтен иіс, дәм, түс рұқсат етілмейді.	
Судың температурасы	Ең ыстық айдағы орташа температурадан 3^0С-ға дейін асыруға болады		Судың табиғи температурасынан 5^0С-ға өсіруге болады (салқын суда өсетін балықтар үшін судың жалпы температурасы жазда 20 ^{0}С-дан, қыста 5 ^{0}С-дан аспауы тиіс; қалған жағдайларда 28 ^{0}С және 8 ^{0}С.	
Сутектік көрсеткіш	6,5-8,5 шегінен аспауы тиіс			
Судың минералдық құрамы	Құрғақ қалдық 1000 мг/л-ден (хлоридтер 300 мг/л-ге, сульфаттар 500 мг/л-ге дейін) аспау керек.		Нормаланбайды	
Еріген оттегінің мөлшері	4 мг/л-ден кем болмауы тиіс		6 мг/л-ден кем болмауы тиіс	Қыста мұз астында – 4 мг/л-ден, жазда – 6 мг/л-ден кем болмауы тиіс
Оттегінің биохимиялық қажеттілігі – $ОБК_{толық}$, 20^0С температурада	Аспауы тиіс			
	3 мг/л	6 мг/л	3 мг/л (егер қыс мезгілінде судағы оттегінің мөлшері I – категориялық су қоймасы үшін 6 мг/л-ге, II-категориялық су қоймасы үшін 4 мг/л-ге азайса, тек ОБҚ-не әсер етпейтін ағынды суларды төгуге ғана рұқсат етіледі).	
Ауру қоздырғыштар	Суда ауру қоздырғыштар болмауы тиіс			
Улы заттар	Тірі организмдерге тікелей немесе жанама әсер ететіндей концентрациясы рұқсат етілмейді.			

«Ережелерде» келтірілген ағынды суларды су қоймаларына төгу шарттары су шығарудың барлық объектілері үшін міндетті.

Ағынды суларды теңіздерге төгу талаптары ішкі су объектілеріне ағынды суларды төгудің нормативтеріне сәйкес келеді. Алайда, кейбір ерекшеліктері бар. «Теңіз суларын санитарлық қорғау ережелеріне» сәйкес халықтың жағалаудан теңіз суын пайдалануының шекаралары ескеріледі. Ол теңізге қарай жағалаудан 2 км кем емес етіп, әрі қарай су пайдалану шекарасының екі жағынан да, жағалауға қарай да, теңізге қарай да 10 км етіп қабылданады. Санитарлық қорғаудың бірінші белдеуі қарастырылады. Су пайдалану шекарасында тазартылған өндірістік және тұрмыстық ағынды суларды төгуге тиым салынған.

3.1.5 ШРТ – ластаушы заттардың су объектілеріне шектелген рұқсат етілген төгілімі

Су – адам пайдаланатын ресурс қана емес, планетамыздағы бүкіл тіршілік байланысты болатын орта. Алайда табиғи судың нормативтерінің барлығы негізінен адам денсаулығы мен балық шаруашылығына бағытталған, су экожүйелерінің экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ете алмайды. Табиғи сулардың сапасына қойылатын талаптар «Жер үсті суларын ластанудан қорғау ережелерінде» (1991 ж. енгізілген) келтірілген.

ШРТ – ағынды судың белгілі бір көлемін төгу. Ағынды сулар ШРТ мөлшерінде төгілгенде, су объектісінің суымен араласқаннан кейін ластаушы заттардың мөлшері есептеу нүктесіндегіге сәйкес келеді.

Есептеу нүктелеріндегі су сапасына қойылатын талаптар су пайдалану түріне байланысты.

ШРТ тағайындағанда мынана білу керек:

- бақыланатын ластаушы заттардың концентрациясын;
- фондық концентрацияны;
- су пайдалану категориясын;
- су сапасының нормасын;
- су объектісінің ассимиляциялық қабілетін.

Төгу шарттарын есептегенде төмендегі шамалар анықталады: 1) сұйылту дәрежесі, яғни су объектісінің есептеу нүктесіндегі қажетті ШРК-дан аспау үшін ағынды суды қаншалықты сұйылту керектігі; 2) есептеу нүктесінде $C \leq$ ШРК шарты бұзылмас үшін, суды тазарту дәрежесі.

Есепте қолданылатын негізгі теңдеу:

$$q\ C_{ст.} + \gamma\ Q{\cdot}C_{ф} = C_{к.ст}\ (q + \gamma{\cdot}Q), \tag{3.4}$$

мұнда q, Q – ағынды судың және өзен суының шығыны, м^3/сағ.;

$C_{ст.}$, $C_{ф}$ – ағынды судағы және ағынды суды қоспай тұрғанда өзен суындағы (фондық) ластаушы заттардың мөлшері, г/м^3; $C_{к.ст}$ – есептеу нүктесіндегі судағы шектелген рұқсат етілген концентрация, г/м^3; γ – араластыру коэффициенті.

Теңдеуден $C_{к.ст}$ табу арқылы су объектісінің есептеу нүктесінің жағдайына болжау жасауға болады:

$$C_{к.ст.} = \frac{qC_{ст} + \gamma QC_{ф}}{q + \gamma Q}\ . \tag{3.5}$$

Егер, $C_{к.ст} \leq$ ШРК болса, су объектісінің жағдайы жақсы деп болжалады. Егер берілген шарт орындалмаса, арнайы шаралар, негізінен ағынды суларды тазарту (көлемін азайту) туралы шаралар қолданылу қажет. Тазарту дәрежесі және технологиялық және санитарлық-техникалық шаралардың сипаты $C_{к.ст}$ мөлшерінің ШРК-дан қаншалықты асатындығына байланысты анықталады.

Ағынды судағы ластаушы заттардың рұқсат етілген концентрациясын (ДК) және ШРТ анықтау. Ағынды судағы ластаушы заттардың концентрациясын төмендегі формула арқылы анықтауға болады:

$$C_{ст.} = \frac{\gamma Q}{q}(C_{к.ст.} - C_{ф}) + C_{к.ст.}\cdot \tag{3.6}$$

Ағынды судағы ластаушы заттардың рұқсат етілген концентрациясы (ДК) $C_{к.ст} \leq$ ШРК шартына сәйкес болуы тиіс:

$$ДК_{ст} = \frac{\gamma Q}{q}(ШРК - C_{ф}) + ШРК\cdot \tag{3.7}$$

Егер ДК ≤ ШРК болса, нормативтік талаптар су объектісінің есептеу нүктесіне емес, ағынды судың өзіне қатысты болады. Бұл жағдайда ағынды суларды тазарту ғимараттарын салудың қажеті жоқ.

Ағынды суларды қажетті тазарту дәрежесін (D,%) төмендегі формуламен анықтайды:

$$D = \frac{C_{факт} - ДК_{ст}}{C_{факт}}100\%\cdot \tag{3.8}$$

Егер $C_{ф} \geq$ ШРК болса, ағынды суды төгуге болмайды.

Су объектісіндегі судың құрамы мен сапасын ескере отырып, ШРТ шамасын (г/с, г/сағатына, т/жылына), ағынды судың сағатына жұмсалатын көлемін q (м/сағ) ағынды судағы ластаушы заттардың максималды рұқсат етілген концентрациясына ДК (мг/л немесе г/м^3) көбейтіп анықтайды.

$$ШРТ = ДК_{ст} q \cdot \quad (3.9)$$

Ағынды судың жалпы көлемі q әдетте белгілі шама. Бұл теңдеу қарапайым жағдайларда ғана, ағынды судың құрамында бір ғана ластаушы зат болғанда және бір-ақ рет төгілетін кезде жарамды.

Ағынды судың құрамында бірнеше түрлі ластаушы заттар болғанда, қоспалардың рұқсат етілген концентрациясын анықтау үшін, 1-ші және 2-ші классқа, бірдей ЗЛК-не жататын заттарды анықтайды.

Одан соң алдымен бірінші заттың концентрациясын анықтайды:

$$C^1_{к.ст.} = \frac{qC^1_{ст} + \gamma QC_ф}{q + \gamma Q} \cdot \quad (3.10)$$

Осылай барлық заттардың концентрацияларын кезекпен есептейді.

Ағынды сумен су объектілеріне бірдей зияндылықтың лимитті көрсеткіші бар бірнеше заттар тасталынатын болса, міндетті түрде суммация эффектісі ескеріледі, яғни осы заттардың шын мәнісіндегі концентрацияларының C_1, C_2,...$C_п$ өздерінің ШРК-на қатынастарының қосындылары 1-ден аспауы тиіс:

$$\frac{C^1_{к.ст.}}{ШРК_1} + \frac{C^2_{к.ст.}}{ШРК_2} + ... + \frac{C^n_{к.ст.}}{ШРК_n} \le 1 \cdot \quad (3.11)$$

Егер бұл шама 1-ден артық болса, әр заттың концентрациясын азайту шараларын жасау керек. Тазарту процесін жобалағанда ең оңай бөліп алынатын заттың ғана концентрациясын азайтуды қарастырса да болады. Әдісті таңдап алған соң, қолданылатын шаралардың тиімділігін ескере отырып, су пайдаланудың есептеу нүктесіндегі ластаушы заттардың концентрацияларының ШРК-ға қатынастарының қосындысы 1-ден аспайтындығын тексеріп, қайтадан есептеу керек.

3.1.6 Ағынды сулардың қажетті тазарту дәрежесін анықтау

Ағынды суларды тазарту ғимараттарын жобалағанда және ағынды суларды қажетті тазарту дәрежесін анықтағанда су қоймаларының өзін-өзі тазарту қабілеті бар екендігін ескеру қажет. Су қоймаларына төгілетін ағынды суларды қажетті тазарту дәрежесін келесі көрсеткіштері бойынша анықтайды: жүзгін заттардың мөлшері, еріген оттегін пайдалану, өзен суымен ағынды су қоспасындағы рұқсат етілген ОБҚ мөлшері, судың активті реакциясы, сондай-ақ улы және басқа да зиянды заттардың шектелген рұқсат етілген концентрациялары.

Ағынды сулардың қажетті тазарту дәрежесін анықтау материалдық баланс теңдеуіне негізделеді.

Ағынды сулардың жүзгін заттардың мөлшері бойынша тазарту дәрежесін анықтау. Су қоймасына төгілетін ағынды судағы жүзгін заттардың рұқсат етілген мөлшері m төмендегі формулаға сәйкес анықталады (санитарлық ережелерге сәйкес):

$$m = p(\gamma \cdot Q/q + 1) + в\,, \qquad (3.12)$$

мұнда p – ағынды су төгілгеннен соң санитарлық ережелер бойынша су қоймасындағы жүзгін заттардың рұқсат етілген мөлшері (су пайдалану түріне байланысты) г/м^3; Q, q – өзен суының және ағынды судың шығыны, м^3/тәу; $в$ – ағынды су төгілгенге дейін су қоймасындағы жүзгін заттардың мөлшері, г/м^3;

Жүзгіндер бойынша қажетті тазарту дәрежесін (%) келесі формула арқылы анықтайды:

$$Э = \frac{C - m}{C} \cdot 100\%\,, \qquad (3.13)$$

мұнда C – тазартылмаған ағынды судағы жүзгіндердің мөлшері (бастапқы), г/м^3.

Құрамында улы заттар бар ағынды суларды төккенде, төгілетін судың сапасын шектелген рұқсат етілген концентрация бойынша төмендегі формуламен анықтайды:

$$C = (n - 1)\,(C_{рұқс} - C_{ф}) + C_{а.норм.}$$

мұнда n – сұйылту еселігі; $C_{а.норм.}$ = ШРК, егер судың құрамында бір ғана ластаушы зат болса. Егер суда еріген оттегінің көп мөлшерін қажет ететін заттар болса, оларды су қоймасына төгу мүмкіндігі арнайы есептеулер – еріген оттегін тұтыну мөлшері бойынша тағайындалады.

Ағынды суларды қажетті тазарту дәрежесін еріген оттегінің мөлшері бойынша анықтау. Ағынды суларды су қоймаларына төгудің санитарлық ережелері бойынша, су қоймасына ағынды сулар төгілгеннен кейін, ондағы еріген оттегінің мөлшері 4 мг/л кем болмауы тиіс, ал балық шаруашылығы су қоймаларында 6 мг/л кем болмауы тиіс. Осы талап бойынша берілген су қоймасы үшін ағынды судағы рұқсат етілген ОБҚ анықтауға болады. Су қоймасына төгілетін ағынды судың рұқсат етілген ОБҚ-гі еріген оттегінің минимальды мөлшері бойынша төмендегі теңдеу арқылы есептеледі:

$$L_a = \frac{aQ}{0.4q}(O_\theta - 0.4L_\theta - O) - \frac{O}{0.4}\ , \qquad (3.14)$$

мұнда L_a және L_θ – ағынды судағы және өзен суындағы оттегінің толық биологиялық қажеттілігі, г/м^3; Q – өзен суының шығыны, м^3/тәу; O_θ – ағынды су төгілетін жерге дейінгі өзен суындағы еріген оттегінің мөлшері, г/м^3; O – судағы оттегінің минимальды мөлшері, 4 немесе 6 г/м^3 деп қабылданады; 0,4 – $ОБК_{толық}$ -ты екі тәуліктікке қайта есептеу үшін қажетті коэффициент.

Басқа әдіспен есептегенде су объектісіндегі судың қозғалу жылдамдығы, судың температурасы, оттегін тұтыну жылдамдығының константасы және беткі реаэрация жылдамдығы ескеріледі. Егер осы көрсетілген шамалардың барлығы тікелей анықталған болса, оттегі режимі дәл анықталады.

Ағынды суларды қажетті тазарту дәрежесін $ОБК_{толық}$ бойынша анықтау. Ағынды суларды қажетті тазарту дәрежесін $ОБК_{толық}$ бойынша анықтау, су объектісіндегі биохимиялық процестердің нәтижесінде жүретін ағынды сулардың өзін өзі тазарту қабілетін, сондай-ақ ағынды судың су объектісінің суымен сұйылуын ескереді. Су объектісіне төгілердегі ағынды судағы рұқсат етілген $ОБК_{толық}$ (L_a) төмендегі формула арқылы есептеледі:

$$L_a = \frac{aQ}{q \cdot 10^{-k_a t}}(L_{ш.р.} - L_\theta \cdot 10^{-k_p t}) + \frac{L_{ш.р.}}{10^{-k_a t}}, \qquad (3.15)$$

мұнда k_a және k_p – ағынды судағы және өзен суындағы оттегін тұтыну константасы; $L_{ш.р.}$ – бақылау нүктесіндегі ағынды су мен өзен суының қоспасының шектелген рұқсат етілген $ОБК_{толық}$, ауыз су және мәдени-тұрмыс су қоймаларының I және II категорияларына сәйкес бұл шама 3 және 6 мг/л тең деп қабылданады; $L_{ө.}$ – ағынды су төгілетін жерге дейінгі өзен суындағы $ОБК_{толық}$, мг/л; t – ағынды су төгілетін жерден бақылау нүктесіне дейінгі судың қозғалу ұзақтығы, ағынды су төгілетін жерден бақылау нүктесіне дейінгі фарватер бойынша қашықтықтың өзен ағысының орташа жылдамдығына қатынасына тең, тәулік.

Қажетті тазарту дәрежесі Э (%) былайша анықталады:

$$Э = \frac{L_б - L_a}{L_б} \cdot 100\ ,$$

мұнда $L_б$ – тазартуға түсетін бастапқы ағынды судың $ОБК_{толық}$.

Су объектілеріне ағынды суды төгу алдындағы рұқсат етілген температураны есептеу. Су объектісінің ағынды су төгілетін жеріндегі температурасының жоғарылауын санитарлық талаптарды

ескере отырып есептейді. Жазғы айларда ағынды суларды төккенде өзен суының температурасы (максималды температура) ағынды су төгілетін жерде 3 градустан жоғары көтерілмеуге тиісті. Төгілетін ағынды судың температурасы төмендегі шартты қанағаттандыруы керек:

$$T_{а.су} \leq n \cdot T_{рұқс.} + T_{макс},$$

мұнда $T_{рұқс.}$ – санитарлық нормативтер бойынша ағынды су төгілетін жерге дейінгі су объектісінде температураның рұқсат етілген көтерілуі. Ағынды судың есептелген температурасының мәнін ($T_{а.су.}$) бастапқы ағынды судың температурасымен салыстырады, жоғары болса ағынды суды салқындату үшін шаралар қолданылады.

Ағынды суларды қажетті тазарту дәрежесін зиянды заттардың құрамы бойынша анықтау. Ағынды су сапасының көрсеткіштеріне кіретін зиянды және улы заттар өздерінің құрамы бойынша алуан түрлі болып келеді. Олар зияндылықтың лимиттік көрсеткіштері принципі (ЗЛК) бойынша нормаланады. ЗЛК бойынша шаруашылық ауыз су және балық шаруашылық су қоймаларындағы барлық заттар үш топқа бөлінген, санитарлық-токсикологиялық ЗЛК, жалпы санитарлық ЗЛК және органолептикалық ЗЛК.

Егер төменде көрсетілген екі шарт орындалса, ағынды сумен зиянды және улы заттар төгілгенде су қоймасының санитарлық жағдайы қанағаттанарлық деп есептеледі: зияндылықтың лимиттік көрсеткішіне кіретін әр заттың шектелген рұқсат етілген концентрациясы ағынды суда және өзенде қанша зиянды заттар болса, сонша есеге азайтылса; әр заттың жеке алынған концентрациясының сәйкес шектелген рұқсат етілген концентрациясынан пайыз (%) бойынша алғанда қосындылары 100-ден аспаса:

$$\sum C^{i}_{а}/C^{i}_{рұқ} \leq 1, \qquad (3.16)$$

$C^{i}_{а}$ – і затының есептеу нүктесіндегі есептелген концентрациясы; $C^{i}_{рұқ}$ – сәйкес заттың шектелген рұқсат етілген концентрациясы; і – ЗЛК-і бірдей қауіпті заттардың саны. Су пайдаланудың есептеу нүктесіндегі әр заттың концентрациясы (бірдей ЗЛК-не жататын заттар бір мезгілде бірге болғанда) 3.16-теңдеу бойынша төмендегідей болуы тиіс:

$$C_a \leq C^{i}_{руқ}\left(1 - \sum_{1}^{-1} \frac{C_a}{C^{i}_{руқ}}\right), \qquad (3.17)$$

мұнда $C^i_{рұқ}$ – есептеліп отырған заттың шектелген рұқсат етілген концентрациясы.

Тазартылған ағынды судағы әрбір еріген зиянды заттың концентрациясы C_o төмендегі теңдеу бойынша анықталады:

$$C_o \leq n \cdot (C^i_a - C^i_в) + C^i_в , \qquad (3.18)$$

мұнда C^i_a – есептеліп отырған заттың максималды рұқсат етілген концентрациясы, бір топқа жататын барлық компоненттердің максималды концентрациялары мен ШРК ескере отырып, 3.17-формула бойынша есептеледі; $C^i_в$ – ағынды суды тастағанға дейінгі су қоймасының суындағы белгілі заттың концентрациясы.

Ағынды суды тазалағанда бірдей ЗЛК тобына жататын әр түрлі зиянды заттар бірдей тазаланбайды. Зиянды заттар бойынша тазарту дәрежесін анықтау үшін алдымен ең қиын бөліп алынатын затты тазарту дәрежесі анықталады.

Осы заттың тазарту дәрежесін пайыз арқылы төмендегі формуламен тағайындайды:

$$Э = \left(1 - \frac{1 - \frac{n-1}{n} \sum_1^i \frac{C^i_в}{C^i_{рук}}}{\frac{1}{n} \sum_1^i \frac{C^i_a}{C^i_{рук}}} \right) 100 . \qquad (3.19)$$

Берілген ЗЛК тобына жататын қалған заттардың тазарту дәрежесі жоғары болғандықтан, (3.16) -теңдеуіндегі шарт ылғи да орындалатын болады.

3.2 Ағынды суларды тазартудың технологиялық сызбанұсқалары

3.2.1 Ағынды су құрамының санитарлық-химиялық көрсеткіштерінің анализі

Ағынды сулардың құрамы мен қасиеттерін санитарлық-химиялық анализдердің нәтижелері арқылы бағалайды. санитарлық-химиялық анализдерге стандартты химиялық тесттермен қатар, көптеген физикалық, физикалық-химиялық, санитарлық-бактериологиялық анализдер кіреді [7].

Толық санитарлық-химиялық анализ төмендегідей көрсеткіштерді анықтаудан тұрады: судың температурасы, түсі, исі,

мөлдірлігі, pH мөлшері, құрғақ қалдық, жүзгін заттардың мөлшері, ОБҚ, ОХҚ, азот (жалпы, аммоний, нитрит және нитрат түріндегі) фосфаттар, хлоридтер, сульфаттар, ауыр металдар және басқа да улы элементтер, беттік-активті заттар, мұнай өнімдері, еріген оттегінің мөлшері, микробтар саны, іш ауру таяқшалары тобына жататын бактериялар, гельминттер жұмыртқалары.

Су құрамының санитарлық-химиялық көрсеткіштерін анализ жасау, ағынды суды тазарту технологиясында қажетті әдістерді таңдап алуға мүмкіндік береді. Тазарту станциялары үшін санитарлық-химиялық анализдің негізгі мақсаты – тазарту процесін бақылау және әр ғимараттың жұмысының тиімділігін бағалау болып табылады.

Судың толық санитарлық-химиялық анализі: биологиялық тазарту станциясында әдетте 10 тәулікте 1 рет жасалады. Тазарту станциясына түсетін ағынды судың орта тәуліктік пробалары және тазартудың әр сатысынан кейінгі проба зерттеледі. Анализдердің нәтижесінде тазарту станциясының немесе жеке ғимаратының жұмысының тиімділігі есептеледі. Сонымен қатар ағынды су станциясына түсетін және тазарып шығатын ағынды судың шығыны есептеледі.

Су сапасының әрбір көрсеткіші белгілі бір дәрежеде басқа көрсеткіштермен байланысты. Санитарлық-химиялық көрсеткіштерінің барлығын салыстырудың негізінде ғана су сапасына толық баға беріледі. Алайда, анализдің мақсатына байланысты, маңызды көрсеткіштер таңдап алынуы мүмкін. Қажетті тазарту дәрежесі негізінен жүзгіндердің және ОБҚ мөлшерлері бойынша есептеледі.

Егер ағынды судағы жүзгіндердің концентрациясы және ОБҚ мөлшерлері әрқайсысы 100 мг/л болса, ағынды су аз ластанған деп, 100–500 мг/л аралығында болса орташа ластанған деп, ал бұл көрсеткіштердің әрбіреуінің шамасы 500 мг/л артық болса, күшті ластанған деп есептеледі.

ОБҚ көрсеткішін, аммонийлік азот пен фосфаттардың мөлшерін білу биологиялық тазарту процесіне қажетті биогенді элементтердің мөлшерін бағалауға мүмкіндік береді. СНжЕ 2.03.04-85 сәйкес $ОБҚ_{толық}$: N : P қатынасы 100:5:1 пропорциясына сәйкес келуі керек.

Хлоридтер мөлшері 10 г/л артық болса да ағынды суларды биологиялық тазарту процесіне әсер етпейді, бірақ ағынды су төгілетін су қоймасының тұздалуын болдырмас үшін – минералдығы жоғары ағынды суларды қалалық су шығару жүйесіне тастауға болмайды. Ағынды судың ОХҚ бойынша анализінде де хлоридтер мөлшерін анықтау қажет.

Ағынды судың құрамындағы СБАЗ тазарту процесінің барлық стадияларына әсер етеді. Бұл қосылыстар жүзгіндердің седиментация процесін нашарлатады, каналдар мен аэрацияланатын ғимараттарда көп мөлшерде көбік түзеді, биототықтырғыштардағы биохимиялық процестерді тежейді. Тазарған сумен су қоймасына түсіп, ол су қоймасын тұрмыстық және өнеркәсіптік мақсаттар үшін ары қарай қолдануды қиындатады. СБАЗ биологиялық тотығу дәрежесіне байланысты үш категорияға бөлінеді. 75–85 % дейін тотығатындар – жұмсақ, 60% дейін аралық және 50% кем – қатты.

Тұрмыстық ағынды сулардың құрамы салыстырмалы тұрақты болады. Канализацияға тәулігіне бір тұрғыннан түсетін ластаушы заттардың мөлшері тұрақты екендігі тағайындалған. Зерттеулердің нәтижелері бір адамға сәйкес келетін тәуліктегі ластаушы заттардың нормасын анықтауға мүмкіндік береді (10-кесте).

10-кесте

Ластану нормасы

Көрсеткіш	Ластану нормасы г/(адам·тәу)
Жүзгіндер	65
$ОБК_{толық}$	75
Аммоний түріндегі азот	8
Фосфаттар P_2O_5	3,3
Жуғыш заттармен түсетін фосфаттар	1,6
Хлоридтер	9
СБАЗ	2,5

Ағынды сулардың ластану нормасына және су шығару нормасына байланысты жоғарыда келтірілген кез келген көрсеткіш бойынша тұрмыстық ағынды судың концентрациясын анықтауға болады.

$$C_т = a \cdot 1000 / n,$$

мұнда $C_т$ – тұрмыстық ағынды судағы ластаушы заттың концентрациясы, мг/л;

a – ластану нормасы, г/(адам·тәу);

n – су шығару нормасы, л/(адам·тәу).

Қалалық ағынды судағы ластаушы заттардың концентрациясын $C_{қ.а.с.}$ тұрмыстық және өндірістік ағынды сулардағы ластаушы заттардың концентрациясының орта шамасы ретінде анықтайды:

$$C_{қ.а.с.} = (C_т \cdot q_т + C_ө \cdot q_ө) / q_т + q_ө,$$

мұнда $C_ө$ - өндірістік ағынды судағы ластаушы заттардың мөлшері, мг/л;

$q_т$ және $q_ө$ – тұрмыстық және өндірістік ағынды сулардың шығыны, $м^3$/тәу.

3.2.2 Ағынды сулардың құрамына сәйкес тазарту әдістерін таңдап алу

Өзендерде және басқа су қоймаларында, судың өзін-өзі тазартуының табиғи процесі жүреді. Бірақта ол баяу жүрді. Өндірістік, тұрмыстық ағынды сулар әліде көп емес кезде, өзендер өздігінен тазаланатын. Біздің индустриялды ғасырда, қалдық сулардың мөлшерінің бірден артуының салдарынан, су қоймалары осындай өте көп ластанудан өздігінен тазалана алмайды. Сондықтан ағынды суларды тазалау, залалсыздандыру қажеттігі пайда болды.

Ағынды суларды ластанудан тазалау күрделі процесс. Ағынды суларды тазалау әдістерін механикалық, физика-химиялық, химиялық және биологиялық деп бөлуге болады. Тазарту әдістері әрбір нақты жағдайда ластанушы заттардың сипаты мен зияндылық дәрежесіне байланысты таңдап алынады.

Ағынды суды тазарту процесінде тұнба түзіледі. Тұнба залалсыздандырылады, сусыздандырылады, құрғатылады және ары қарай пайдаланылуы мүмкін.

Егер ағынды суларды су қоймасына төгу шарты бойынша суды жоғары дәрежеге дейін тазарту қажет болса, онда толық биологиялық тазарту ғимараттарынан кейін, суды терең тазарту ғимараттарын орналастырады. «Жер үсті суларын ағынды сулармен ластанудан қорғау ережелеріне» сәйкес ағынды сулар тазартылған соң, су қоймасына тасталар алдында патогенді микроорганизмдерді жою мақсатымен залалсыздандырылады.

Механикалық тазарту ғимараттары биологиялық тазартудың алдындағы алдын ала тазарту стадиясы болып табылады. Механикалық тазарту әдісінде ағынды сулардың құрамындағы ерімеген минералды және органикалық қоспаларды тұндыру мен сүзу арқылы бөліп алынады.

Әдетте бұл әдіс ағынды суларды алдын ала тазарту әдісіне жатады және ағынды суларды биологиялық немесе физика-химиялық әдіспен тазалау үшін дайындауға арналған. Механикалық тазалау нәтижесінде жүзгін заттардың мөлшері 90 %-ке дейін, органикалық заттар 20 %-ке дейін төмендейді. Механикалық тазалаудың аппараттары құрамына торлар, елегіштер, құм ұстағыштар, тұндырғыштар және әр түрлі конструкциялы сүзгілер кіреді.

Тор мен елегіштер органикалық және минералды заттардың ірі қалдықтарын ұстауға арналған.

Құм ұстағыштар минералды қоспаларды, әсіресе құмды бөліп алуға қолданылады. Тұндырғыштар ағынды сулардағы жүзгін заттарды және тұнатын қалдықтарды ұстап қалады.

Кейбір өндірістік ағынды суларды тазалау үшін май ұстағыштар, мұнай ұстағыштар, май және шайыр ұстағыш арнайы аппараттар қолданылады.

Ағынды сулар мөлдірленгеннен кейін өндірістің технологиялық процесінде қолданылуы мүмкін немесе су қоймаларының экологиялық жағдайын бұзбай төгілуі мүмкін болған кезде механикалық тазарту әдісі өз бетінше жеке әдіс ретінде қолданылады.

Барлық басқа жағдайларда механикалық әдіс ағынды суларды тазартудың бірінші сатысы ретінде қолданылады.

Қалалық ағынды суларды механикалық тазарту процесінде ластаушы заттардың 60 % тазартылады.

Қалалық ағынды суларды физика-химиялық тазарту әдістері, техникалық-экономикалық көрсеткіштерді ескеріп, өте сирек қолданылады. Бұл әдістер негізінен өндірістік ағынды суларды тазарту үшін қолданылады.

Өндірістік ағынды суларды физика-химиялық тазарту әдістеріне төмендегі әдістер жатады: реагентті тазарту, сорбция, экстракция, дегазация, ион алмасу, озондау, хлорлау, электофлотация, электродиализ және т.б.

Химиялық әдіс ағынды суға ластаушы заттармен реакцияға түсіп, оларды ерімейтін тұнба түрінде тұнбаға түсіретін әртүрлі химиялық реагенттерді қосуға негізделген. Ағынды суларды физика-химиялық өңдеу кезінде ұсақ дисперсті және еріген бейорганикалық қоспалар бөліп алынады және органикалық заттар мен нашар тотығатын заттар ыдыратылады. Физика-химия тазарту әдістері негізінен өндірістік ағынды суларды тазарту үшін қолданылады, ал тұрмыстық ағынды суларды тазарту үшін сирек қолданылады.

Ағынды суларды биологиялық тазарту әдістері микроорганизмдердің тіршілік әрекетіне негізделген. Олар суларды еріген органикалық қосылыстарды өздеріне қорек көзі ретінде пайдаланып, минералдайды (қарапайым бейорганикалық қосылыстарға айналдырады). Биологиялық тазарту ғимараттарын шартты түрде екі топқа бөлуге болады. Бірінші топта тазарту процесі табиғи жағдайларға ұқсас жағдайлармен жүргізіледі (биологиялық тоғандар).

Екінші топтың ғимараттарында тазарту процесі жасанды жағдайлармен – аэротенктерде және биофильтрлерде жүргізіледі.

Ағынды суды биологиялық тазарту процесінен кейін, су қоймасына тасталар алдында жүзгіндердің концентрациясын, ОБҚ, ОХҚ мөлшерлерін азайту қажет болса, ағынды су терең тазартылады.

Ағынды суларды жүзгіндерден терең тазарту үшін әр түрлі конструкциялы фильтрлер қолданылады. Еріген органикалық заттардан терең тазарту үшін сорбциялық, биосорбциялық, озондау және басқа да қондырғылар қолданылады.

Ағынды суларды азот және фосфор қосылыстарынан терең тазарту физикалық- химиялық және биологиялық әдістер арқылы жүргізіледі.

Ағынды суларды дезинфекциялау – ағынды суларды су қоймасына тастау алдындағы ең соңғы саты болып табылады. Дезинфекцияның мақсаты – ағынды судың құрамындағы патогенді микроорганизмдерді жою. Ең кең тараған дезинфекциялау әдісі – газ түріндегі хлормен өңдеу. Озонмен де залалсыздандыруға болады, бактерицидті ультракүлгін шамдар да қолданылады.

Ағынды сулардың тазарту процесінде түзілген тұнбаны өңдеу тұнбаның ылғалдығын, көлемін азайту болып табылады. Өңдеу кезінде тұнба залалсыздандырылады.

Торларда ұсталынған ластаушы заттар тазарту станциясының территориясынан шығарылады немесе оны ұсақтап, тұндырғыштан шыққан тұнбамен бірге өңдейді. Құм ұстағышта ұсталған құм, құм алаңдарында сусыздандырылады, шығарып әкетіледі немесе органикалық ластаушы заттардан жуылып, кептірілген соң пайдаланылады.

Бірінші және екінші реттік тұндырғыштардан шығарылған тұнбалар метантенкке (герметикалық резервуарда) жіберіледі, анаэробты микроорганизмдер арқылы органикалық заттар минералданады.

Тұнбаның ылғалдығы ары қарай механикалық аппараттарда вакуум – фильтрлерде, вакуум – прессте, центрифугаларда төмендетіледі.

Метантенкте ащытылған тұнбаны табиғи жағдайда сусыздандыру үшін лай алаңдары жасалады.

3.2.3 Ағынды суларды тазартудың технологиялық сызбанұсқаларын жасау және негіздеу

Ағынды суларды тазарту әдістерін талдау және ғимараттардың құрамын анықтау күрделі техникалық-экономикалық жұмыс болып

табылады және көптеген факторларға – ағынды судың шығынына және су қоймасының көлеміне, қажетті тазарту дәрежесін есептеуге, тұрғылықты жердің бедеріне, грунттың сипатына, энергетикалық шығындарға және т.б байланысты.

Қажетті тазарту дәрежесін анықтау тазарту ғимараттарында ластаушы заттарды қандай тиімділікпен бөліп алу қажеттігін көрсетеді.

Механикалық тазарту ғимараттарында жүзгін заттарды азайту тиімділігі 40 – 60 % құрайды, сондай-ақ $ОБҚ_{толық}$ мөлшері 20 – 40 % -ға азаяды.

Қажетті тазарту дәрежесін тек қана механикалық тазарту ғимараттары арқылы ғана қамтамасыз ету мүмкіндігі бар. Мұндай ғимараттар су шығару жүйесі бар және көп сулы өзеннің қасында орналасқан, су шығыны 10 мың $м^3$/тәу көп емес қала типті поселоктар үшін жасалуы мүмкін.

Биологиялық тазарту ғимараттарынан (аэротенктер, биофильтрлер және екінші реттік тұндырғыштардан) кейін ластану көрсеткіші жүзгін заттар мен $ОБҚ_5$ бойынша 15–20 мг/л дейін төмендейді. Биологиялық тазартудың технологиялық сызбанұсқаларында ағынды судың шығыны 10–20 мың $м^3$/тәу болғанда биофильтрлер, ал су шығыны 50 мыңнан 2–3 млн. $м^3$/тәу дейін болғанда аэротенктер қабылданады.

Егер биологиялық тазарту ғимараттары қажетті тазарту дәрежесін қамтамасыз ете алмаса, ағынды суларды терең тазарту қажеттілігі туады. Бұл – жүзгін заттардан, еріген органикалық заттардан, биогенді элементтерден – азот пен фосфордан терең тазарту болуы мүмкін. Мысалы, ағынды суларды еріген органикалық заттардан терең тазарту сорбциялық әдіспен немесе деструктивті (озон арқылы) әдіспен жүзеге асырылуы мүмкін. Ағынды суды фильтрлеу жүзгін заттардың мөлшерін 50 – 80% -ға азайтуға мүмкіндік береді.

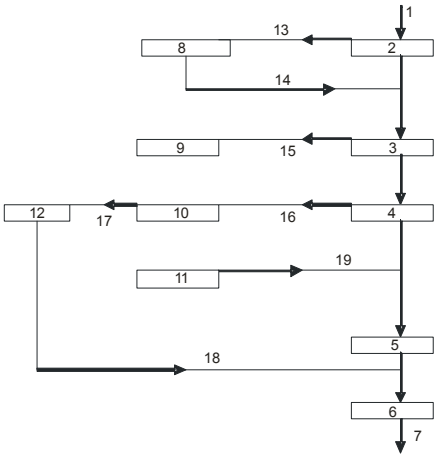
Әр түрлі зерттеулердің нәтижесінде қалалық ағынды суларды физика-химиялық тазартудың технологиялық сызбанұсқасы жасалған. Ағынды суларға минералды коагулянттар қосып, тұндырып, фильтрлеп және аэрациялағаннан кейін тазарту дәрежесі ОХҚ бойынша – 78,8 %, ОБҚ бойынша – 91,3 %, жүзгін заттар бойынша – 98,8% төмендейді.

Тазарту көрсеткіштерін талдаудың нәтижесінде қалалық ағынды суларды тазартудың физика-химиялық технологиясының тиімділігі туралы қорытынды жасауға болады. Өнімділігі 10 – 25 мың $м^3$/тәу қалалық ағынды суларды тазарту станцияларының бірнеше варианттары жобаланған. Алайда, қазіргі кезде осындай ғимараттар кең қолданыс таппаған.

Тазарту процесінде түзілетін тұнбаларды өңдеу технологиясы тұнбаның қасиетіне, көлеміне және тұнбаны тастайтын жердің ауданына байланысты анықталады.

Ағынды суларды тазартудың технологиялық сызбанұсқалары. Ағынды сулардың қажетті тазарту дәрежесін есептегенде жүзгін заттар бойынша 40–50 %-ға, ал $ОБК_{толық}$ бойынша 20–30 %-ға төмендетілуі тиіс болса, тек механикалық тазартумен шектелуге болады. Ғимараттың құрамы 28-схема бойынша қабылданады. Осындай схемада ағынды судың шығыны тәулігіне 10 мың $м^3$ аспайды.

Тазарту станциясына түсетін ағынды су тордан, құм ұстағыштан, тұндырғыштардан өтеді және хлор арқылы залалсыздандырылады. Тордағы қалдық ұсақтағышқа жіберіледі және пульпа түрінде тордың алдында немесе кейін орналасқан каналға төгіледі. Қалдықтарды полигонға шығаруға да болады. Құм ұстағыштан шығарылған тұнба құм алаңдарына жіберіледі. Тұндырғыштан шығарылған тұнба органикалық заттарды тотықтыру үшін метантенкке жіберіледі. Ашыған тұнбаны сусыздандыру үшін лай алаңдары қолданылады, осы алаңдағы дренаж сулары контакталық резервуардың алдындағы каналға төгіледі.



28-сурет. Ағынды суларды механикалық әдіспен тазартатын тазарту станциясының технологиялық сызбанұсқасы

1 – ағынды су; 2 – торлар; 3 – құм ұстағыштар; 4 – тұндырғыштар; 5 – араластырғыштар; 6 – контакталық резервуар; 7 – суды шығару; 8 – ұсақтағыштар; 9 – құм алаңдары; 10 – метантенктер; 11 – хлоратор; 12 – лай алаңдары; 13 – тордан шығарылған қалдық; 14 – пульпа; 15 – құм пульпасы; 16 – тұнба; 17 – ащытылған тұнба; 18 – дренаж суы; 19 – хлорлы су

Ағынды сулардың шығыны жоғары – 50 мың $м^3$/тәуліктен 2 – 3 млн. $м^3$ /тәулікке дейін және одан да жоғары болғанда 29-суретте көрсетілген технологиялық сызбанұсқа қолданылады. Ағынды суларды механикалық тазарту торларда, құм ұстағыштарда және тұндырғыштарда жүргізіледі. Жүзгін заттардың тұнуын тездету үшін бірінші реттік тұндырғыштардың алдында, биофлокулятор ретінде активті лайдың белгілі бір бөлігі берілетін, преаэратор қолданылуы мүмкін. Бірінші реттік тұндырғыштан шыққан тұнба метантенкке жіберіледі. Бұл схема бойынша ағынды суды биологиялық тазарту аэротенкте жүргізіледі. Аэротенк – ішіне активті лай мен мөлдірленген ағынды су құйылған ашық резервуар болып табылады.

Механикалық тазарту ғимараттарынан кейін (торлар, құм ұстағыштар және тұндырғыштар) су биофильтрлерге түседі, одан соң екі қабатты тұндырғыштарға түседі. Бұл жерде биофильтрден сумен шығарылған биологиялық қабықша (биоқабықша) ұсталынады. Су одан соң контакталық резервуарға жіберіледі, дезинфекцияланады және су қоймасына төгіледі.

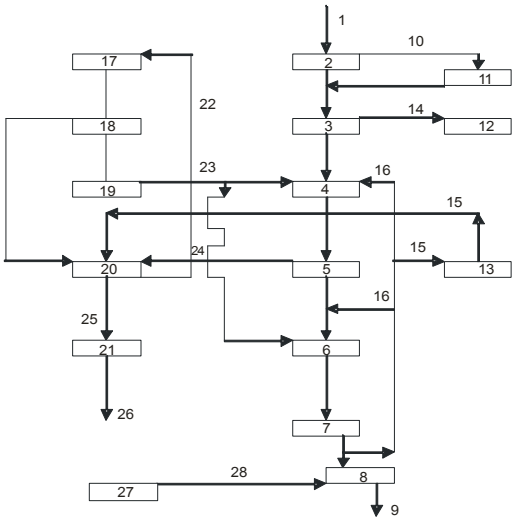
Биофильтрдің фильтрлегіш қабаты арқылы сүзіле отырып, ластанған су бірінші реттік тұндырғыштарда тұнбаған жүзгін заттардан және коллоидты органикалық заттардан тазарады. Бұл заттар микроорганизмдер тығыз мекендейтін биоқабықша түзеді. Биоқабықшадағы микроорганизмдер органикалық заттарды тотықтырады және өздерінің тіршілігіне қажетті энергия алады. Осылайша, ағынды су органикалық заттардан тазарады, ал биофильтрдегі биоқабықшаның массасы өседі. Жұмыс істеп болған қабықша сумен шайылып, биофильтрден шығарылады.

Микроорганизмдер қалыпты тіршілік ету үшін аэротенкке ауа үрлегіш арқылы ауа беріліп тұруы керек. Тазарған су мен активті батпақтың қоспасы екінші реттік тұндырғышқа жіберіледі. Бұл тұндырғышта активті батпақ тұндырылады, активті лайдың негізгі массасы аэротенкке қайтарылады. Активті батпақтың массасы ұлғаятындықтан, оның артық бөлігі екінші тұндырғыштан шығарылған соң лай нығыздағышқа жіберіледі. Лай нығыздағышта активті лайдың көлемі 4 – 6 есе азаяды, ал нығыздалған активті лай метантенкке жіберіледі. Тазарған ағынды су контакталық резервуарда залалсыздандырылған соң (әдетте хлорлайды) су қоймасына төгіледі.

Ашытылған тұнба метантенктен кейін механикалық сусыздандырылу үшін вакуум-фильтрге немесе вакуум-прессе жіберіледі. Сусызданған тұнбаны термиялық құрғатуға және тыңайтқыш ретінде пайдалануға болады.

30-суретте ағынды суларды биофильтрлерде биологиялық тазартудың технологиялық сызбанұсқасы келтірілген. Осындай схемалар су шығыны 10 – 20 мың $м^3$/тәу шамасында болғанда қолданылады.

Биофильтрде тазарту процесі қалыпты жүру үшін кейде екінші тұндырғышта тазартылған суды рециркуляция жасап тұруы қажет, яғни бірінші реттік тұндырғыштағы сумен араластырып, биофильтрдің алдында беру қажет.

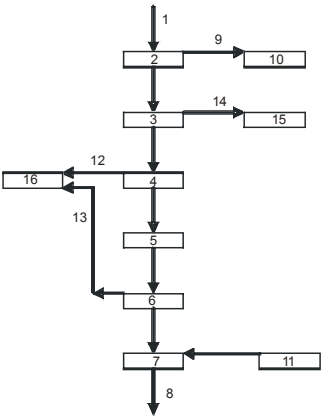


29-сурет. Ағынды суларды аэротенктерде биологиялық тазартудың технологиялық сызбанұсқасы

1 – ағынды су; 2 – торлар; 3 – құм ұстағыштар; 4 – преаэраторлар; 5 – бірінші реттік тұндырғыштар; 6 – аэротенктер; 7 – екінші реттік тұндырғыштар; 8 – контакталық резервуар; 9 – суды шығару; 10 – тордан шығарылған қалдық; 11 – ұсақтағыштар; 12 – құм алаңдары; 13 – лай нығыздағыштар; 14 – құм; 15 – артық активті лай; 16 – циркуляциялық активті лай; 17 – газгольдерлер; 18 – бу қазандары; 19 – машиналар бөлімі; 20 – метантенктер; 21 – ащыған тұнбаны механикалық сусыздандыратын цех; 22 – газ; 23 – қысылған ауа; 24 – тұнба; 25 – ащытылған тұнба; 26 – тыңайтқыштар ретінде қолданылатын тұнба; 27 – хлоратор; 28 – хлорлы су

Өндірістік ағынды суларды тазартудың технологиялық сызбанұсқалары әр түрлі әдістерді (физика-химиялық, биологиялық және т.б.) қолдана отырып жүзеге асырылуы мүмкін. Бұл ағынды сулардың құрамындағы ластаушы заттардың ерекшеліктеріне, концентрациясына және қалалық канализацияға тастаудың ШРК-на

байланысты. Өндірістік ағынды суларды тазартудың технологиялық сызбанұсқаларын жасағанда өндірісте тазартылған ағынды суларды қайтадан айналымда қолдануды негізге алу қажет. Өндіріс алаңдарынан шыққан атмосфералық сулар өндірістік ағынды сулар ластанған заттармен ластануы мүмкін, сондықтан өндіріс алаңдарынан жиналған сулар өндірістік ағынды сулармен бірге тазартылады.



30-сурет. Ағынды суларды биофильтрлерде биологиялық тазарту станциясының технологиялық сызбанұсқасы

1 – ағынды су; 2 – торлар; 3 – құм ұстағыштар; 4 – бірінші реттік тұндырғыштар; 5 – биофильтрлер; 6 – екі қабатты тұндырғыштар; 7 – контакталық резервуарлар; 8 – су шығару; 9 – тордан шығарылған қалдық; 10 –ұсақтағыш; 11 – хлоратор қондырғысы; 12 – бірінші реттік тұндырғыштан шығарылған тұнба; 13 – екінші реттік тұндырғыштан шығарылған биоқабықша; 14 – құм; 15 – құм бункері; 16 – батпақ алаңдары.

Қала территориясынан жиналған атмосфералық ағынды суларды жеке тазарту қондырғыларында негізінен механикалық әдістермен тазартуға болады. Шетелде атмосфералық ағынды сулар тұрмыстық ағынды сулармен бірге қалалық тазарту қондырғыларында тазартылады, алайда, қазіргі кезде негізінен жеке тазарту қондырғыларында тазартылады.

Ағынды суларды механикалық тазарту ғимараттары. Ағынды сулардың құрамындағы ірі бөлшекті қоспалар (1 см үлкен) тамақ қалдықтары, қағаз, шүберек, санитарлық-гигиеналық, полимерлік және талшықты материалдардан тұратын шаруашылық-тұрмыс және өндіріс қалдықтары болып табылады. Су шығару жүйесімен қозғала отырып, ірі бөлшекті қалдықтар ағынды судың құрамындағы органикалық заттарды, майларды өздеріне сіңіреді. Қалдықтың бетінде түзілген адгезия қабаты құмның, шлактың және басқа да минералды бөлшектердің жабысуына себеп болады. Осылай ірі бөлшекті органикалық-минералды қалдық түзіледі.

Ағынды сулардағы ірі бөлшекті қоспаларды бөліп алу, құм ұстағыштар, тұндырғыштар, метантенктер және метантенкке тұнба жіберетін құбырлардың қалыпты жұмысын қамтамасыз етеуге мүмкіндік береді. Сондықтан ағынды суларды тазарту ғимараттарының құрамына торлар кіргізіледі.

Тордың тесіктерінің арасы 16 мм артық емес, судың тордағы ағу жылдамдығы 1,0 м/с аспауы тиіс. Жылы мезгілде торда ұсталған ірі бөлшекті қоспаларды хлорлы ізбеспен өңдеу қажет. Торлар орнатылған ғимараттарды желдетіп тұру қажет.

Ағынды судың құрамындағы құм және басқа да ерімеген минералды қоспаларды бөліп алу үшін құм ұстағыштар қолданылады. Органикалық және минералды заттарды тұндырғыштарда бірге бөлу кезінде тұнбаның қозғалуы нашарлайды, бөліп алу қиындайды. Тұнба ауыр бөлікке (тығыздығы үлкен құм) және жеңіл бөлікке (меншікті салмағы аз, органикалық) бөлініп, тұндырғышта құм жиналуы мүмкін. Осындай тұнбаны бөліп алу үшін күшті қырғыш керек.

Құм ұстағыштар вертикальды, горизонтальды және сұйық айналып тұратын болуы мүмкін. Вертикальды құм ұстағыштардың размерлері үлкен, жұмысы тиімсіз, сондықтан олар сирек, ерекше жағдайларда ғана қолданылады. Горизонтальды тұндырғыштар тік бұрышты, екі немесе одан да көп секциядан тұрады.

Құм ұстағыштардың негізгі элементтері: ені құм ұстағыштың өзінің еніне тең кіретін бөлім және ені құм ұстағыштың енінен кіші шығатын бөлім, әдетте құм ұстағыштың астыңғы жағына орналастырылатын тұнба жиналатын бункер. Бункер құм ұстағыштың жоғарғы жағына да орнатылуы мүмкін. Құм ұстағыштың құрамына төмендегідей қондырғылар кіреді: тұнбаны бункерге салатын механизм; тұнбаны құм ұстағыштан шығару және сусыздандыру орнына немесе басқа да өңдейтін жерге тасымалдау үшін қажетті гидроэлеваторлар мен сорғыштар. Шынжыр немесе арба тәрізді механизмдер қолданылады.

3.3 Ағынды суларды тазартудың электрохимиялық әдісі

3.3.1 Электрохимиялық тазарту әдістерінің классификациясы және қолданылу салалары

Ағынды суларды әр түрлі еріген және дисперсті қоспалардан тазарту үшін анодтық тотығу, катодтық тотықсыздану процестері, электрокоагуляция, электрофлотация және электродиализ қолданылады. Бұл процестердің барлығы ағынды су арқылы тұрақты электр тогын

жібергенде электродтарда өтеді. Электрохимиялық әдіс тазартудың қарапайым, автоматтандырылған технологиялық сызбанұсқасы бойынша ағынды судан бағалы өнімдерді бөліп алуға мүмкіндік береді. Химиялық реагенттер қолданылмайды. Бұл әдістердің негізгі кемшілігі – электр энергиясының шығыны көп. Ағынды суды электрохимиялық әдістермен периодты және үздіксіз тазартуға болады.

Электрохимиялық әдістердің тиімділігі көптеген факторлармен бағаланады: ток тығыздығымен, кернеумен, энергия шығынымен.

3.3.2 Анодтық тотығу

Бұл процестер ағынды суды еріген қоспалардан (цианидтерден, роданидтерден, аминдерден, спирттерден, альдегидтерден, нитроқосылыстардан, сульфиттерден, меркаптандардан және т.б.) тазарту үшін қолданылады. Ағынды судың құрамында заттар электрохимиялық тотығу нәтижесінде CO_2, NH_3 және су түзілуі арқылы ыдырайды немесе қарапайым, улы емес, басқа әдістермен оңай бөліп алынатын қосылыстар түзіледі.

Анод ретінде әртүрлі ерімейтін электролитті материалдар қолданылады: графит, магнетит, қорғасынның диоксиді, марганец және рутений, титанның бетіне жабылады.

Катодты молибденнен, вольфрамның темір немесе никельмен құймасынан, графиттен, молибденмен, вольфраммен немесе олардың құймасымен қапталған тот баспайтын болаттан және басқа металдардан жасайды.

Процесті электролизерде жүргізеді, кейде диафрагма қолданылады. Электрототығу және тотықсыздандудың негізгі процестерінен басқа, электрофлотация, электрофорез және электрокоагуляция жүруі мүмкін.

Ағынды суларды цианидтерден тазарту.

Құрамында цианидтері бар ағынды сулар машина жасау, прибор жасау, қара және түсті металлургия, химия және т.б. кәсіпорындарда түзіледі. Судың құрамында қарапайым цианидтермен (KCN, NaCN) қатар мыс, мырыш және басқа да металдардың комплексті цианидтері де болады, концентрациялары 10 –600 мг/л аралығында ауытқиды, pH = 8 – 12 аралығында болады.

Цианидтердің анодтық тотығуы төмендегі реакциялар бойынша жүреді:

$$CN^- + 2OH^- - 2e \rightarrow CNO^- + H_2O$$
$$CNO^- + 2H_2O \rightarrow NH_4^+ + CO_3^{2-}.$$

Тотығу азот түзілуі арқылы да жүреді:

$$CNO^- + 4OH^- - 6e \rightarrow 2CO_2 + N_2 + 2H_2O.$$

Ағынды судың электрлік өткізгіштігін жоғарылату үшін және энергия шығынын төмендету үшін суға NaCl қосылады. CN^- концентрациясы 1 г/л болғанда 20–30 г/л NaCl қосылады. Бұл процесте графит анод және болат катод қолданылады. Тотығудың қолайлы жағдайлары: анодтағы ток тығыздығы 3–4 А/дм^2, электродтардың арасындағы кеңістік 3 см, судың жылдамдығы 30 дм^3/сағ, pH = 8–9. Тотығу дәрежесі 100% -ға жақындайды.

Цианидтер анодтағы электрохимиялық тотығу нәтижесінде ыдырайды, сондай-ақ, NaCl-дың анодта ыдырауы нәтижесінде түзілген хлормен тотығу арқылы да ыдырайды. Бұл процестер келесі реакциялармен көрсетіледі:

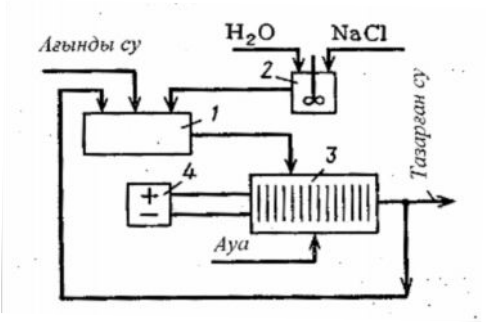
$$2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2$$

$$CN^- + Cl_2 + 2OH^- \rightarrow CNO^- + 2Cl^- + H_2O$$

$$2CNO^- + 3Cl_2 + 4OH^- \rightarrow 2CO_2 + N_2 + 6Cl^- + 2H_2O.$$

Ағынды суларды цианидтерден электрохимиялық тазарту қондырғысының сызбанұсқасы (31-суретте) көрсетілген.

Электролиз процесінде ағынды су қысылған ауамен араластырылады. Өңделген ағынды судың құрамында 200 мг/л дейін активті хлор болады және оны міндетті түрде залалсыздандыру керек. Катодта бөлінген металдар утилденеді. Қондырғы қарапайым және қолайлы.



31- сурет. Ағынды суларды цианидті қосылыстардан электрохимиялық тазарту қондырғысының сызбанұсқасы

1 – орталағыш; 2 – NaCl еріткішін дайындайтын бак; 3 – электролизер; 4 – тұрақты ток көзі

Роданидтерден тазарту. Роданидтер келесі схема бойынша ыдырайды:

$$CNS^- + 10OH^+ - 8e \rightarrow CNO^- + SO^{2-}_4 + 5H_2O .$$

Сульфид-ион pH = 7 кезінде сульфаттарға дейін тотығады. pH-тың бұл шамадан төмен мәндерінде элемент түріндегі күкірт түзілуі мүмкін.

Ағынды судың құрамындағы фенолдар хлоридтердің қатысуымен төмендегі реакциялар арқылы тотығады (бұл процесс судағы фенолдардың мөлшері аз болғанда тиімді):

$4OH^- - 4e \rightarrow 2H_2O + O_2$, $\quad 2H^+ + 2e \rightarrow H_2$,

$2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2$, $\quad Cl_2 + H_2O \rightarrow HClO + HCl$,

$HClO + OH^- \rightarrow H_2O + ClO^-$,

$12ClO^- + 6H_2O - 12e \rightarrow 4HClO_3 + 8HCl + 3O_2$,

$C_6H_5OH + 14O \rightarrow 6CO_2 + 3H_2O$.

3.3.3 Катодтық тотықсыздану

Катодтық тотықсыздану процесі ағынды сулардан металл иондарын тұнбаға түсіріп бөліп алуға қолданылады. Ластаушы компоненттер улылығы аз қосылыстарға немесе судан оңай бөлініп алынатын түрге (тұнба, газға) айналдырылады.

Бұл әдісті ағынды суларды улы металдардың иондарынан (Pb^{2+}, Sn^{2+}, Hg^{2+}, Cu^{2+}, As^{3+}, Cr^{6+}) тазарту үшін қолдануға болады. Катодтық тотықсыздану мына схемамен жүреді:

$$Me^{n+} + ne \rightarrow Me^0 .$$

Осы кезде металдар катодта тұнбаға түседі, әрі қарай әр түрлі мақсаттар үшін пайдаланылады. Мысалы, хром қосылыстарын тотықсыздандыру кезінде өте жоғары тазарту дәрежесіне жетуге болады: хромның мөлшерін 1000-нан 1 мг/л-ге дейін азайтылады. Құрамында $H_2Cr_2O_7$ бар ағынды судың электролизін жүргізудің қолайлы жағдайы: pH = 2, ток тығыздығы 0,2–2 А/дм^2. Тотықсыздану реакциясы келесі түрде жүреді.

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 12e \rightarrow 2Cr + 7H_2O.$$

Ағынды суларды Hg^{2+}, Pb^{2+}, Cd^{2+}, Cu^{2+} иондарынан тазартуды C : S қатынасы 80 : 20 және 20 : 80 аралығында көмір және күкірт

қоспасынан дайындалған катодта жүргізеді, pH<7 және ток тығыздығы 2,5 А/дм^2 болуы керек. Бұл иондар ерімейтін сульфид немесе биосульфид түрінде тұндырылады, механикалық жолмен бөліп шығарылады.

3.3.4 Электрокоагуляция

Құрамында тұрақтылығы жоғары ластаушы заттары бар өндірістік ағынды суларды тазарту үшін болат немесе алюминийден жасалған еритін анод қолданылады.

Электр тогының әсерінен металл ериді, нәтижесінде темір мен алюминийдің катиондары суға өтеді.

Бұл катиондар судағы гидроксил тобымен кездесіп, ұлпақ түріндегі металл гидрооксидтерін түзеді. Одан соң интенсивті коагуляция процесі басталады.

Электрокоагуляция процесіне электродтардың материалы, екі электродтың ара қашықтығы, электродтар аралығындағы судың жылдамдығы, температурасы, құрамы, токтың тығыздығы мен кернеу әсер етеді. Жүзгін заттардың мөлшері 100 мг/л асқанда электрокоагуляция процесінің тиімділігі төмендейді. Электродтардың ара қашықтығы азайған сайын металл анодтың еруіне жұмсаратын энергия шығыны төмендейді.

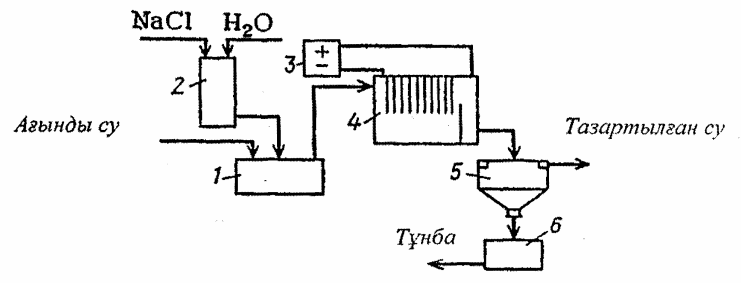
Электрокоагуляция процесін нейтралды немесе әлсіз сілтілік ортада ток тығыздығы 10 А/м^2- артық емес, электродтардың ара қашықтығы 20 мм-ден көп емес және судың жылдамдығы 0,5 м/с аз емес жағдайда жүргізу ұсынылады.

Электрокоагуляция *әдісінің жетістіктері:* қондырғы қарапайым, оңай басқарылады, реагенттің қажеті жоқ, тазарту процесін жүргізу жағдайларына (температураға, ортаның pH-ына, улы заттардың болуына) сезімтал емес.

Әдістің кемшілігі: металдың және электроэнергияның шығыны көп.

Электрокоагуляция әдісі тамақ, химия, целлюлоза-қағаз өнеркәсіптерінің ағынды суларын тазартуда қолданыс тапқан.

Ағынды суларды электрокоагуляция әдісімен тазартудың технологиялық сызбанұсқасы (32-суретте) көрсетілген.



32- сурет. Электрокоагуляция қондырғысының сызбанұсқасы
1 – орталағыш; 2 – ерітінді дайындайтын бак; 3 – тұрақты ток көзі; 4 – электрокоагулятор; 5 – тұндырғыш; 6 – тұнбаны сусыздандыратын аппарат

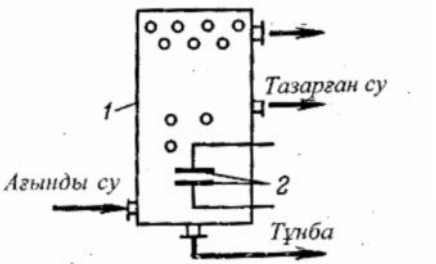
Электрокоагуляциялық тазарту процесін ағынды суларды мұнай өнімдерінің эмульсияларынан, майлардан тазарту үшін қолдануға болады.

3.3.5 Электрофлотация

Ағынды суларды судың электролизі кезінде түзілген газ көпіршіктерінің көмегімен жүзгін заттардан тазарту үшін қолданылады.

Анодта оттегінің, ал катодта сутегінің көпіршіктері түзіледі. Бұл көпіршіктер ағынды судағы жүзгін заттарды флотациялайды. Еритін электродтар қолданған кезде коагулянт ұлпақтары және газ көпіршіктері түзіледі, флотация процесінің тиімділігі өседі. Катодта түзілген газдың көпіршіктері флотация процесінде негізгі роль атқарады.

Флотацияның басқа әдістерімен салыстырғанда, сутек көпіршіктерінің размерлері біраз кіші. Сутектің майда көпіршіктерінің ерігіштігі ірі көпіршіктерге қарағанда жоғары, сондықтан флотация процесінің тиімділігі өседі.



33-сурет. Бір камералы электрофлотация қондырғысының сызбанұсқасы
1 – корпус; 2 – электродтар

Ағынды судың аздаған көлемі (10–15 $м^3$/сағ) үшін бір камералы электрофлотация қондырғылары (33-сурет) қолданылуы мүмкін, ал судың көлемі үлкен болса, екі камералы қондырғы қолданған дұрыс. Екі камералы қондырғы вертикальды немесе горизонтальды болуы мүмкін. Олар электрод бөлімінен және тұндыру бөлімінен тұрады.

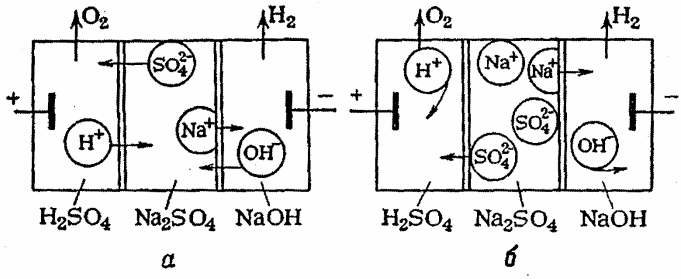
3.3.6 Электродиализ

Бұл әдіс тұзды суларды тұщыландыру үшін кеңінен қолданылады. Соңғы кезде өндірістік ағынды суларды тазарту үшін де қолданылып жүр.

Процесті электродиализаторда жүргізеді, қарапайым қондырғы мембраналармен бөлінген үш камерадан тұрады. Ортадағы камераға ерітінді құйылады, екі жағындағы электродтар орналасқан камераға таза су құйылады. Аниондар токпен анодтық кеңістікке өтеді. Анодта оттек бөлінеді және қышқыл түзіледі. Бір мезгілде катиондар катод кеңістігіне өтеді. Катодта сутек бөлінеді және сілті түзіледі. Ток өткен сайын ортадағы камерадағы тұздардың концентрациясы нөлге жақындағанша азая береді. Диффузия нәтижесінде ортадағы камераға H^+ және OH^- иондары өтіп, су түзеді. Бұл процесс тұз иондарының сәйкес электродтарға өтуін баяулатады.

Электрохимиялық активті (ионалмастырғыш) диафрагмалар қолдану арқылы процестің тиімділігін арттыруға, электр энергиясының шығынын азайтуға болады. Ионалмастырғыш мембраналар өзіне сәйкес заряды бар иондарды ғана өткізеді.

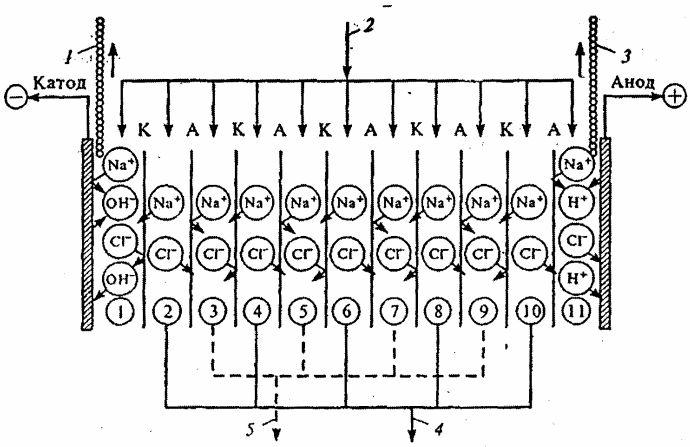
Электродиализаторда (34-сурет) екі мембрана бар. Біреуі – анион өткізгіш, анод зонасына аниондарды ғана өткізеді. Екінші мембрана – катион өткізгіш, катод жағында орналасқан, катод кеңістігіне катиондарды ғана өткізеді.



34-сурет. Саңылаулы диафрагмалы (а) және ионитті (б) мембраналы электродиализаторлардың сызбанұсқасы

Әдетте электролизерлерді көп камералы (100–200 камера) етіп жасайды, анион және катион өткізгіш мембраналар алмасып отырады. Электродтар ең шеткі камераларда орналастырылады (35-сурет).

Суды тұзсыздандыру үшін гомогенді және гетерогенді мембраналар қолданылады. Гомогенді мембраналар тек қана шайырдан тұрады және механикалық төзімділігі төмен. Гетерогенді мембраналар байланыстырғыш затпен – каучукпен, полистиролмен, метилмеркаптанмен және т.б. затпен араластырылған ионит ұнтағынан тұрады. Осы қоспадан пластиналар жасалады. Мембраналардың ара қашықтығы үлкен әсер етеді, әдетте 1–2 мм болады. Мембраналар бітеліп қалмас үшін электродиализаторға жіберу алдында ағынды суды жүзгін заттардан және коллоидты бөлшектерден алдын ала тазартады. Құрамында 250 мг/л қоспасы бар суларды 5 мг/л-ге дейін тазарту үшін 7 кВт·сағ/м^3 энергия шығыны жұмсалады. Судың құрамындағы тұздардың мөлшері өскен сайын энергияның меншікті шығыны да өседі.



35-сурет. Электродиализ процесінің сызбанұсқасы (дөңгелектің ішіндегі сандар – камералардың нөмірлері)

А – анионитті мембраналар; К – катионитті мембраналар; 1 – газ түріндегі сутек бөлінуі, 2 – ағынды суды кіргізу, 3 – газ түріндегі оттегі мен хлордың бөлінуі, 4 – тұзсызданған суды шығару, 5 – концентрлі тұздық судың шығарылуы

Электродиализ әдісінің негізгі кемшілігі – концентрациялық поляризацияның әсерінен тұздар мембрана бетіне тұнады. Бұл тазарту процесінің тиімділігін төмендетеді.

3.4 Ағынды суларды тазартудың химиялық әдістері

Ағынды суларды тазартудың химиялық әдістеріне нейтрализация, тотығу және тотықсыздандыру жатады. Құрамында минералды қышқылдары және сілтілері бар ағынды суларды су қоймаларына төгу алдында немесе технологиялық процестерге қолдану алдында нейтралдайды. pH=6,5–8,5 ағынды суларды нейтралды деп есептейді.

Нейтралдауды әр түрлі әдістер арқылы жүргізуге болады:

- қышқыл және сілті ағынды суларда араластыру арқылы;
- реагенттер қосу арқылы;
- қышқыл ағынды суларды нейтралдағыш материалдар арқылы фильтрлеу;
- қышқылды газдарды сілтілік сулармен абсорбциялау немесе аммиакты қышқыл сулармен абсорбциялау арқылы.

Нейтралдау әдістері ағынды сулардың көлеміне және концентрациясына, бар реагенттерге және олардың бағасына байланысты таңдап алынады. Нейтрализация процесі кезінде тұнба түзілуі мүмкін. Оның мөлшері ағынды сулардың концентрациясына және құрамына, сондай-ақ, қолданылатын реагенттердің түріне және шығынына байланысты.

3.4.1 Нейтралдау

Араластыру арқылы нейтралдау. Егер бір кәсіпорында немесе көршілес кәсіпорындарда басқа компоненттермен ластанбаған қышқыл және сілті сулар түзілетін болса, осы әдіс қолданылады (36-сурет). Қышқыл және сілті суларды араластырғышы бар немесе араластырғышсыз ыдыста араластырады. Араластырғышсыз ыдыс болса, ауа арқылы араластырады, ауа 20–40 м/с жылдамдықпен беріледі.

Ағынды сулардың концентрациялары ауытқып тұратын болса, схемаға орталағыш қондырғылар енгізіледі немесе араластыру камерасына беруді автоматты түрде реттеп отырады. Араластыру камераларына жіберілетін ағынды сулардың қатынасы стехиометриялық теңдеу бойынша есептеледі.

Қышқыл немесе сілті сулардың біреуі артық болса, сәйкес реагент қосылады.

Реагенттер қосу арқылы нейтралдау. Қышқыл суларды нейтралдау үшін мына реагенттер қолданылады: NaOH, KOH, Na_2CO_4, NH_4OH (аммиакты су), $CaCO_3$, $MgCO_3$, доломит, цемент. Алайда ең арзан реагент – ізбес сүті $Ca(OH)_2$ болып табылады, активті ізбестің құрамы 5–10%. Сода мен натрий гидроксидін олар өндіріс қалдығы болған жағдайда ғана

қолданады. Нейтралдау үшін кейде өндіріс қалдықтарын пайдаланады. Мысалы, болат балқытатын, феррохром, домна өндірістерінің шлактарын құрамында күкірт қышқылы бар суларды нейтралдау үшін қолданады.

Реагенттерді қышқыл ағынды судың құрамына және концентрациясына байланысты таңдап алады. Процесс кезінде тұнба түзілетіндігін немесе түзілмейтіндігін ескеру керек. Құрамында қышқылдар бар ағынды сулар үш топқа бөлінеді:

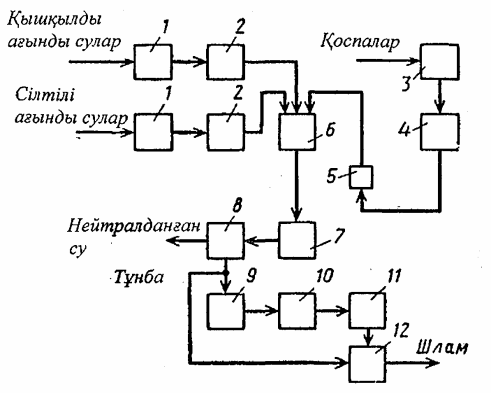
1. құрамында әлсіз қышқылдар (H_2CO_3, CH_3COOH) бар сулар;
2. құрамында күшті қышқылдар (HCl, HNO_3) бар сулар. Бұларды нейтралдау үшін жоғарыда көрсетілген реагенттердің кез келгенін қолдануға болады. Бұл қышқылдардың тұздары суда жақсы ериді;
3. құрамында күкірт және күкіртті қышқылдары бар сулар. Бұл қышқылдардың кальцийлік тұздары суда нашар ериді және тұнбаға түседі.

Ағынды суды нейтралдау үшін кальций гидроксиді түрінде немесе құрғақ ұнтақ түрінде ізбес қолданылады. Қышқыл суларды ізбес сүтімен нейтралдау қондырғысының сызбанұсқасы (37-суретте) көрсетілген.

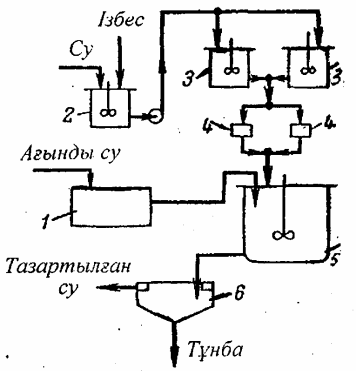
Құрамында күкірт қышқылы бар ағынды суларды ізбес сүтімен нейтралдау кезінде гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ тұнбаға түседі. Гипстің ерігіштігі температураға байланысты аз өзгереді. Осындай ерітінділерден су құбырларының қабырғасына гипс тұнбаға түседі де, су құбырлары бітеліп қалады. Су құбырларының бітелуін болдырмас үшін, таза сумен жуып тұру қажет немесе ағынды суға арнайы жұмсартқыштар, мысалы, гексометафосфат қосады. Нейтралданатын судың қозғалу жылдамдығын өсіру, гипстің су құбырларының қабырғасына тұнбаға түсуін азайтады.

Сілтілік ағынды суларды нейтралдау үшін әр түрлі қышқылдар немесе газдар қолданылады.

Қышқылды суларды нейтралдағыш материалдар арқылы фильтрлеп нейтралдау. Бұл жағдайда қышқылды суларды магнезит, доломит, әк тас (известняк), қатты қалдықтар (шлак, күл) арқылы фильтрлейді. Процесті горизонтальды немесе вертикальды фильтр – нейтрализаторда жүргізеді. Вертикальды фильтрлеу үшін әк тас кесектерін немесе размері 30–80 мм доломит қолданады. Материал қабатының биіктігі 0,85–1,2 м аралығында болғанда, фильтрлеу жылдамдығы 5 м/с аспауы керек, ал беттесу ұзақтығы 10 мин кем болмауы тиіс. Горизонтальды фильтрлерде ағынды судың ағу жылдамдығы 1–3 м/с.



36-сурет. Реагентпен нейтралдау станциясының сызбанұсқасы
1 – құм ұстағыштар; 2 – орталағыштар; 3 – реагент қоймасы; 4 –ерітінді бағі; 5 – дозатар; 6 – араластырғыш; 7 – нейтралдағыш; 8 – тұндырғыш; 9 – тұнба нығыздағыш; 10 – вакуум-фильтр; 11 – сусызданған тұнбаны жинағыш; 12 – шлам алаңы



37-сурет. Қышқыл ағынды суларды кальций гидроксидімен (ізбес сүтімен) нейтралдау қондырғысының сызбанұсқасы
1 – орталағыш; 2 - ізбес (CaO) сөндіруге арналған аппарат; 3 –ерітінді бактары; 4 – дозаторлар; 5 – нейтрализатор; 6 - тұндырғыш

Қышқыл газдармен нейтралдау. Соңғы кезде сілтілік ағынды суларды нейтралдау үшін құрамында CO_2, SO_2, NO_2, N_2O_3, және т.б. бар шығарым газдарын қолдана бастады. Қышқыл газдарды пайдалану ағынды суды нейтралдап қана қоймайды, сонымен бір мезгілде

газдардың өзін зиянды компоненттерден жоғары тиімділікпен тазартуға мүмкіндік береді.

Сілтілік ағынды суларды нейтралдау үшін көміртек диоксидін пайдаланудың күкірт немесе тұз қышқылдарын қолдануға қарағанда біраз артықшылықтары бар. Нейтрализация процесінің бағасын күрт төмендетуге мүмкіндік береді. CO_2-нің ерігіштігі аз болғандықтан нейтралдағыш ерітінділердің аса қышқылданып кету қаупі жоқ. Нейтралдау кезінде түзілетін карбонаттар сульфаттар мен хлоридтерге қарағанда кең қолданыс табады, сонымен қатар SO_4^{2-} және Cl^- иондарына қарағанда CO_3^{2-} ионының коррозиялық және улылық әсері аз.

Сілтілік суларды шығарым газдарымен нейтралдау – ресурстарды ұтымды пайдалануға мүмкіндік беретін технологиялардың бірі болып табылады. Қышқылдар қолданылмайды, су тұтынудың ағынды суларсыз сызбанұсқасын жасауға мүмкіндік береді. Ағынды су төгу жойылады, таза су үнемделеді, таза суды жылытуға энергия шығыны үнемделеді, сондай-ақ шығарым газдары қышқыл компоненттерден (CO_2, SO_2 және т.б.) және шаңнан тазарады.

3.4.2 Тотығу және тотықсыздану

Ағынды суларды тазарту үшін мынадай тотықтырғыштар қолданылады: газ түріндегі хлор, хлордың диоксиді, кальций хлораты, кальцийдің және натрийдің гипохлоридтері, калий перманганаты, калий бихроматы, озон және т.б.

Тотығу процесі кезінде ағынды судың құрамындағы улы ластаушы заттар, химиялық реакциялардың нәтижесінде улылығы аз заттарға айналады. Тотықтырғыштармен тазалау үшін реагент шығыны көп жұмсалады, сондықтан бұл әдіс ағынды суларды басқа әдістермен тазартуға мүмкіндік болмаған кезде ғана қолданылады. Мысалы, цианидтерден, мышьяктың еріген қосылыстарынан тазарту.

Заттың тотықтырғыш ретіндегі активтілігі тотығу потенциалының шамасымен анықталады. Табиғаттағы барлық белгілі тотықтырғыштардың арасында активтілігі жағынан бірінші орынды фтор алады, алайда агрессивтілігі өте жоғары болғандықтан қолданылмайды. Басқа заттардың тотығу потенциалдарының шамасы төмендегідей: озон – 2,07, хлор – 0,94, сутектің асқын тотығы – 0,68, калий перманганаты – 0,59.

3.4.3 Хлормен тотықтыру

Хлор және құрамында «активті» хлор бар заттар кең тараған тотықтырғыштарға жатады. Оларды ағынды суларды күкіртті сутектен,

гидросульфидтен, фенолдардан, цианидтерден және т.б. тазарту үшін қолданады. Хлорды суға қосқанда төмендегі реакция жүреді:

$$Cl_2 + H_2O = HOCl + HCl\ .$$

Әрі қарай HOCl диссоциацияланады, дәрежесі ортаның pH-на байланысты, pH =4 болғанда молекулалық хлор болмайды:

$$HOCl \leftrightarrow H^+ + OCl^-$$

$Cl_2 + HOCl + OCl^-$ – қосындысы «активті» хлор деп аталады.

Ағынды суларды цианидтерден сілтілік ортада (pH=9) тазартады. Цианидтерді элементарлық азотқа және көміртек диоксидіне дейін тотықтыруға болады:

$$CN^- + 2OH^- + Cl_2 \rightarrow CNO^- + 2Cl^- + H_2O$$
$$2CNO^- + 4OH^- + 3Cl_2 \rightarrow 2CO_2 + 6Cl^- + N_2 + 2H_2O\ .$$

Хлордан басқа, кальций хлораты, гипохлориттер, хлораттар, хлордың диоксиді «активті» хлор көзі бола алады. Кальций хлоратының (хлорлы ізбестің) алынуы:

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 \rightarrow CaOCl_2 + H_2O\ .$$

Газ түріндегі хлорды сілті ерітіндісі арқылы өткізсе натрий гипохлориті түзіледі:

$$Cl_2 + NaOH = NaClO + NaCl\ .$$

Кальций гипохлоритін кальций гидроксидін 25–30^{0}C температурада хлорлау арқылы дайындайды:

$$Ca(OH)_2 + 2Cl_2 \rightarrow Ca(ClO)_2 + CaCl_2 + 2H_2O\ .$$

Цианидтерді «активті» хлормен цианаттар алу арқылы бір сатыда тотықтыруға болады:

$$CN^- + OCl^- \rightarrow CNO^- + Cl^-\ .$$

Түзілген цианаттар карбонаттарға дейін оңай гидролизденеді:

$$CNO^- + 2H_2O \rightarrow CO_3^{2} + NH_4^+\ .$$

Гидролиз жылдамдығы ортаның pH-ына байланысты. pH = 5,3 болғанда бір тәулікте цианаттардың 80%-і гидролизденеді. Екі сатылы тотығу процесінде цианидтер N_2 және CO_2 дейін тотығады. Екінші

сатыда тотықтырғыштың қосымша мөлшері беріледі, реакция төмендегі теңдеу бойынша жүреді:

$$2CNO^- + 3OCl^- + H_2O \rightarrow 2CO_2 + N_2 + 2OH^- + 3Cl^- .$$

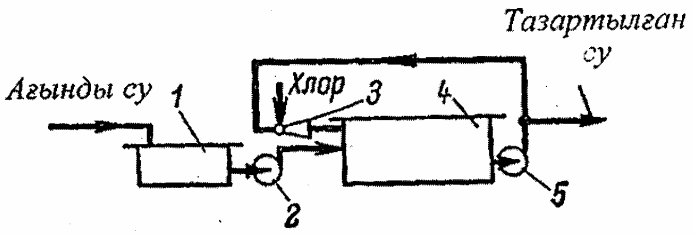
Реакция кезінде pH = 8–11 аралығында болу керек. Тотығудың толық аяқталғандығын қалдық «активті» хлордың мөлшері арқылы анықтайды, бұл шама 5 – 10 мг/л кем болмауы керек.

Товарлық кальций хлоратында 33%, ал кальций гипохлоритінде 60%-ке дейін «активті» хлор бар. Тотықтыруға қажетті реагенттің мөлшері X_1 (кг/тәулік) төмендегі формуламен есептеледі:

$$X_1 = X_{Cl} \cdot Q \cdot n / a ,$$

мұнда X_{Cl} – цианидтерді тотықтыруға қажетті «активті» хлор шығыны, кг/м^3; Q – су шығыны, м^3/тәулік; n – реагент артықшылығының коэффициенті (n = 1,2 – 1,3); a – реагенттегі «активті» хлор мөлшері, бірлік үлесімен.

Хлорлау процесін периодты және үздіксіз жұмыс істейтін, қысымды және вакуумды хлораторларды жүргізеді. Ағынды суды хлорлау арқылы тазартудың принципиальды сызбанұсқасы 38-суретте көрсетілген. Хлорлау циркуляция жүйесіне қосылған ыдыста жүргізіледі. Қажетті тотығу дәрежесіне жеткенше, суға инжектордан газ түріндегі хлор беріліп тұрады.



38-сурет. Суды хлорлау арқылы тазартуға арналған қондырғының сызбанұсқасы

1 – орталағыш; 2,5 – сорғыштар; 3 – инжектор; 4 – ыдыс

3.5 Экстракция

Экстракция – сулы ерітіндідегі заттарды сумен араласпайтын сұйық органикалық еріткішке бөліп алу процесі. Экстракция әдісін құрамында фенолдар, майлар, органикалық қышқылдар, металл иондары

бар ағынды суларды тазарту үшін қолданады. Бұл әдісті қолданудың тиімділігі ағынды судың құрамындағы органикалық заттардың концентрациясына байланысты. Егер бөлініп алған компоненттердің бағасы суды экстракция әдісімен тазартуға кеткен шығындардан артық болғанда, бұл әдіс экономикалық жағынан тиімді деп есептеледі. Жалпы алғанда, судың құрамындағы заттардың концентрациясы 3–4 г/л-ден артық болса, онда суды сорбция әдісімен тазартуға қарағанда экстракция әдісімен тазартқан дұрыс. Егер 1 г/л-ден аз болса, экстракция әдісі ерекше жағдайларда ғана қолданылады.

Экстрагент бұл судың құрамындағы заттарды өзінде жақсы ерітетін органикалық еріткіш. Органикалық фаза және су фазасы экстракция процесінен кейін экстракт және рафинат деп аталады. Экстракция процесінің сандық сипаттамаларына экстракцияланатын заттың таралу коэффициенті, бөлу коэффициенті немесе селективтілік коэффициенті және бөлу дәрежесі Е жатады.

Экстракция әдісімен тазарту үш стадиямен жүреді:

1) ағынды суды экстрагентпен (органикалық еріткішпен) интенсивті араластыру;

2) экстрагентті рафинаттан бөліп алу;

3) экстрагентті экстракттан және рафинаттан бөліп алу, регенерация стадиясы.

Еріген заттардың концентрациясын ағынды суда ШРК мөлшеріне дейін төмендету үшін экстрагентті дұрыс таңдап алу керек. Еріткішті таңдағанда оның селективтілігін, физика-химиялық қасиеттерін, бағасын, регенерациялау әдістерін ескеру қажет. Экстрагентке мынадай талаптар қойылады:

- бөлініп алынатын зат экстрагентте суға қарағанда жақсы еруі керек, яғни таралу коэффициенті жоғары болуы керек;
- еріту селективтілігі үлкен болуы керек, яғни судың құрамында қалатын компонентті ерітпеуі керек. Ағынды судан бөлінбейтін компоненттерді нашар еріткен сайын, бөлініп алынатын зат толығырақ тазаланады;
- экстрагент ағынды суда өте нашар еруі керек, тұрақты эмульсиялар түзбеуі керек, әйтпесе экстрагент пен рафинатты бөліп алу қиындайды, процесс ұзарып кетеді. Экстрагенттің шығыны көбейеді, қондырғының өнімділігі төмендейді;
- бөліп алынатын компонентті жақсы ерітуі керек, ерігіштігі жоғары болған сайын экстрагент шығыны азаяды;
- судың тығыздығы мен экстрагент тығыздығының үлкен айырмашылығы болуы керек. Айырмашылығы жеткілікті болса, фаза бөлінуі тез және толық жүреді;

- диффузия коэффициенті үлкен болуы керек, үлкен болған сайын экстракция жылдамдығы өседі;
- регенерация арзан және қарапайым әдіспен жүргізілуі қажет;
- бөлініп алынатын затпен реакцияға түспеуі керек, реакцияға түссе экстрагенттің регенерациясы қиындайды, шығыны көбейеді;
- экстрагент мүмкіндігінше улы болмау керек, жарылыс, өрт қаупі болмау керек, аппараттың материалдарын коррозияға ұшыратпауы керек;

Экстрагент ағынды судың барлық көлемінде біркелкі араласуы керек. Ағынды судың берілу жылдамдығы минималды болуы керек. Таралу коэффициенті тәжірибе арқылы тағайындалады.

Ағынды сулардың құрамында бірнеше компоненттер болған кезде, алдымен ең пайдалы немесе ең улы бір компонент тазартылады, одан соң басқа экстрагенттер қолдану арқылы қалған компоненттерден тазартылады. Кейде барлық компоненттердің араласу коэффициеттері бір-біріне жуық және жеткілікті үлкен болса, барлығын бір экстрагент қолдану арқылы бірге бөліп алады. Экстрагентті экстракттан бөліп алып, қайтадан экстракцияға жібереді.

Регенерациялау. Экстрагентті экстракттан бөліп алу үшін қайтадан басқа экстрагент қолдану арқылы экстракция жүргізеді немесе дистилляция, тұндыру, буландыру әдістерімен, химиялық әсер ету арқылы бөліп алуға болады.

Егер экстрагентті қайтадан циклге жіберу қажеттігі болмаса, регенерация жасамауға, оны отын ретінде пайдалануға болады.

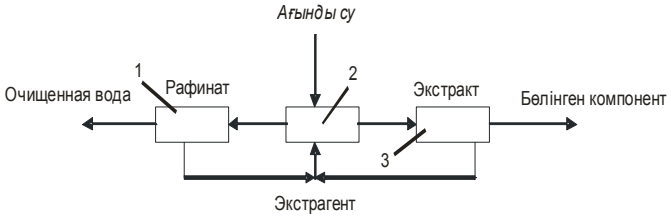
Суда мүлдем ерімейтін еріткіш жоқ, яғни экстракция кезінде ағынды су жаңа затпен (экстрагентпен) ластанады. Сондықтан экстрагентті ағынды судан бөліп алу қажет. Сондай-ақ экстрагент шығынын үнемдеу үшін де экстрагентті судан бөліп алу керек. Ағынды суларда экстрагенттің ШРК-дан аспайтындай мөлшерін ғана қалдыруға болады, соның өзінде экстрагенттің бағасы қымбат болмаған жағдайда ғана қалдыруға болады.

Экстрагентті рафинаттан бөліп алудың ең кең тараған әдістеріне адсорбция және бумен, газбен айдау әдістері жатады. Әдетте қолданылған газдарды және шығарым газдарын қолданған тиімді.

Ағынды суларды тазарту үшін бірнеше сатылы және үздіксіз экстракция процестерін қолданады. Үздіксіз экстракция қондырғысының сызбанұсқасы (39-суретте) көрсетілген.

Ағынды сулардан экстракция әдісімен фенолдарды бөліп алу үшін жай және күрделі эфирлер қолданылады. Жай эфирлер: диэтил, этилацетат, *н*-амилацетат, *изо*-бутилацетат, *изо*-амилацетат.

Фенсольван – күрделі алифатты эфирлердің қоспасы, суда нашар ериді, бірақ фенолдарды өте жақсы ерітеді. Регенерациядан соң экстракциялау қабілеті толық қалпына келеді.



39-сурет. Экстракция қондырғысының сызбанұсқасы

1 – экстрагентті рафинаттан бөліп алу; 2 – колонна;
3 – экстрагентті экстрактан бөліп алу

Ағынды сулардан нитроқосылыстарды да экстракция әдісімен бөліп алуға болады. Нитроқосылыстарды бензолмен экстракциялайды.

Ағынды сулардан металл иондарын катион алмасу, анион алмасу экстракцияларымен және нейтральді реагенттермен экстракциялау арқылы бөліп алуға болады.

3.6 Ағынды суларды тазартудың биохимиялық әдістері

Биохимиялық тазарту – тұрмыстық және өндірістік ағынды суларды өңдеу әдісі іс жүзінде кең қолданылады. Бұл әдіс ағынды сулардың құрамындағы органикалық қосылыстарды биологиялық тотықтыруға негізделген [7].

Биологиялық тотығу бір-бірімен өзара күрделі қатынаста (метабиоз, симбиоз және антогонизм) байланысқан көптеген бактериялар, микроорганизмдер бірлестігі арқылы жүзеге асады.

Ағынды суларды биологиялық тазарту, табиғи жағдайларда (шашырату алаңы, сүзу алаңы, биологиялық тоғандар), сондай-ақ арнайы қондырғыларда да (аэротенктер мен биофильтрлерде) жүргізіледі.

Шашырату алаңы – ағынды суларды тазарту үшін, сонымен қатар ауылшаруашылық дақылдарын өсіру үшін қолданылатын, арнайы дайындалған және жоспарланған жер участкелері. Осы жағдайларда ағынды суларды тазалау, топырақ микрофлораларының, күннің, ауаның әсерімен және өсімдіктердің тіршілік әрекеті нәтижесінде жүреді. Егер алаңда ауылшаруашылық дақылдары

өсірілмейтін болса, алаң тек ағынды суларды биологиялық өңдеуге арналған болса, олар сүзу алаңы деп аталады.

Сүзу алаңы – бұл алдын ала тазартылған ағынды суларды, толық биологиялық тазалауға арналған, жер алаңы. Сүзу алаңында ағынды суларды тазарту топырақтың өзін өзі тазарту қабілетіне негізделген, қолайлы оттегілік режим сақталатын топырақтың беткі қабаттарында (0,2–0,3 м) органикалық ластаушы заттардың тотығу процесі қарқынды жүреді.

Биологиялық тоғандар судың өзін өзі тазарту процестеріне негізделген, ағынды суларды биологиялық тазарту үшін жасанды жасалған суаттар. Тоғандарды, су қызып жақсы араласу үшін 0,5 м-ден 1 м дейін тереңдікте жасайды. Оларды жеке тазарту үшін де және басқа ғимараттармен бірге де пайдалануға болады. Тоғандар жылы мезгілде ғана жұмыс істейді, егер судың температурасы 6^0С-дан төмен болса, онда тоғанның жұмыс істеуі нашарлайды, қыста жұмыс істемейді.

Биофильтрлерде ағынды сулар, жұқа бактериалды қабықшамен жабылған, ірі түйіршікті материал қабаттары арқылы өткізіледі. Осы қабықшаның көмегімен биологиялық тотығу процесі қарқынды жүреді.

Аэротенктер – темір бетоннан жасалған үлкен резервуарлар. Мұнда ағынды сулар бактериялар мен микроорганизмдердің жиынтығынан тұратын белсенді лай арқылы тазартылады. Осы барлық тірі организмдер аэротенкте берілген ауа ағынымен ыдысқа түскен оттегінің артық мөлшері мен ағынды судағы органикалық заттардың әсерінен жылдам дамиды. Бактериялар үлпақ түзе жабысып, органикалық заттарды ыдырататын ферменттер бөледі. Белсенді лай үлпақтармен бірге тез тұнады да, тазаланған судан бөлінеді.

Ағынды суларды биохимиялық тазарту әдісі көптеген органикалық (және бейорганикалық) қосылыстарды, сонымен бірге улы заттарды іс-жүзінде толық залалсыздандыратындықтан және жабдықталуы қарапайым болғандықтан кең қолданыс тапқан.

Ағынды суларды биохимиялық тазарту әдісі гетеротрофты микроорганизмдердің тіршілік әрекетінің табиғи процестеріне негізделеді. Микроорганизмдердің өздеріне тән ерекше қасиеттері бар, олардың ішінен су тазарту мақсатында кеңінен қолданылатын, үш негізгі ерекшелігін бөліп көрсетуге болады:

1) энергия алу және өзінің тіршілік әрекетін қамтамасыз ету үшін, әртүрлі органикалық (кейбір бейорганикалық) қосылыстарды қорек көзі ретінде пайдалануға қабілеттілігі;

2) екіншіден, өте жылдам көбею қабілеті: бактериалды клеткалардың саны әрбір 30 минутта шамамен екі есеге көбейеді.

3) тазарту процесі аяқталғаннан кейін, тазаланған судан оңай бөліп алуға мүмкіндік беретін, бір-біріне жабысып, бірігуге қабілеттілігі.

3.6.1. Белсенді лайдың негізгі сипаттамалары

Аэрациялық ғимараттарда микробиалды масса жеке ұлпақтар түрінде сұйықта жүзіп жүретін күйде болады. Ұлпақтардың мөлшері бактериялардың түріне, ластаушы заттардың сипатына, сондай-ақ сыртқы факторларға – ортаның температурасына және т.б. байланысты.

Белсенді лай (активный ил) тірі организмдер мен қатты субстраттан тұрады. Тірі организмдер бактериялардың жиынтығынан және жеке бактериялардан, қарапайымдардан, құрттардан, саңырауқұлақтардан, ашытқылардан және сирек шаяндардан, су балдырларынан тұрады. Белсенді лайдағы барлық тірі организмдердің жиынтығы биоценоз деп аталады. Белсенді лайдағы биоценоз негізінен микроорганизмдер мен қарапайымдардың он екі түрінен құралған.

Белсенді лайдағы бактериялардың жиынтығы шырышты қабықпен (капсуламен) қапталған. Осындай жиынтықтарды зоогельдер деп атайды, олар лайдың құрылысын, тұнуын және нығыздалуын жақсартады. Шырышты қабықтың құрамында жіп тәрізді бактерияларды жоятын, антибиотиктер болады. Шырышты қабаты жоқ бактериялардың ластаушы заттарды тотықтыру жылдамдығы азырақ.

Белсенді лайдың құрғақ заттары 70–90% органикалық, 30–10% бейорганикалық заттардан тұрады. Белсенді лайдағы 40%-ға дейін болуы мүмкін субстрат, балдырлардың қалдығы мен әртүрлі қатты қалдықтардан тұрады. Оған белсенді лайдағы организмдер бекітіледі.

Тірі микробиоалды клеткаларда үздіксіз және бір мезгілде екі процестен – молекулалардың ыдырауынан (катаболизм) және олардың синтезінен (анаболизм) тұратын – зат алмасу процесі – метаболизм жүреді. Гетеротрофты микроорганизмдердің қоректену көздері аэробты немесе анаэробты жағдайларда ыдырай алатын көмірсулар, аминдер, белоктар, спирттер және т.б. болып табылады. Клеткалардың қоректік заттарды алу және тасымалдауындағы қоршаған ортамен өзара қатынасының барлық циклдері сәйкес ферменттермен реттелініп отырады.

Клеткалардың алуан түрлі ферменттерді шығару қабілеті ағынды сулардың құрамындағы ластаушы заттардың әртүріне және концентрацияларына жоғары бейімділігімен түсіндіріледі.

Лайдың сапасы оның тұну жылдамдығымен және суды тазарту дәрежесімен анықталынады. Ірі ұлпақтар ұсақтарына қарағанда жылдам тұнады. Лайдың жағдайы 30 минут аралығында тұндырылғаннан кейін, миллилитрмен өлшенетін, тұнатын көлемінің кептірілген тұнбаның массасына (граммен) қатынасынан тұратын, лайлық индексімен сипатталады.

Лай нашар тұнған сайын, лайлық индекс жоғары болады. Лайлық индекс лайдың концентрациясына байланысты екендігі тәжірибе арқылы дәлелденген, сондықтан оны лайдың тұрақты дозасында (3 г/л) анықтайды. Егер зерттелетін лай қоспасының дозасы 3 г/л-ден аз болса, онда оны тұндыру арқылы қоюландырады, егер лайдың дозасы көрсетілгеннен көп болса, онда оны сумен сұйылтады.

Лайға түсетін күш және лайдың тотықтыру қуаттылығы немесе оның тотықтыру қабілеттілігі деген түсініктер бар. Лайға түсетін күшпен берілген ластаушы заттардың мөлшері, ал тотықтыру қабілеттілігімен – тазаланған ластаушы заттардың мөлшері ескеріледі. Аэротенкке түсетін және одан шығатын судың ОБҚ арасындағы айырмашылығы алынған $ОБҚ_{толық}$ деп аталады.

Лайдың тағы да бір маңызды сипаттамаларының біріне лайдың жас мөлшері – биологиялық тазарту ғимараттарында болуының орташа ұзақтығы жатады. Белсенді лай пайдаланатын органикалық заттардың бір бөлігі жаңа бактериалды клеткаларды жасауға кететіндіктен, белсенді лай дамиды және оның массасы өседі. Осы өсуін лайдың өсуі деп атайды, мг/л немесе г/л арқылы өлшенеді.

Лайдың өсуі тазарту ғимаратындағы алынған $ОБҚ_{толық}$ 25–30% -ға жуығынан және оған келіп түсетін жүзгін заттардың 75–80% -ға жуығынан құралатындығы тәжірибе арқылы дәлелденген. Аэротенкте лайдың концентрациясының берілген жағдай үшін ғана тағайындалған белгілі бір мөлшері болатындықтан, лайдың өсетін массасы биологиялық тазарту жүйесінен өз уақытында шығарып тасталуы қажет. Әйтпесе, ол тазаланған судың ағынымен шығуы мүмкін және тазарту сапасын төмендетеді. Осы шығарылатын лайдың массасы артық белсенді лай деп аталынады, ол аэрациялық резервуарға лай бөлетін ғимараттан қайта жіберілетін лайдың массасы циркуляциялық белсенді лай деп аталынады. Лайдың өсуі жоғары болған сайын, артық белсенді лайдың мөлшері де көп болады, яғни лай жылдам жаңарады және оның жас мөлшері аз болады. Лайдың жас мөлшері келесі формуламен сипатталуы мүмкін:

$$B_и = [(V_{аэр} + V_{кан}) \cdot a + V_{от.з} \cdot a'] / П_р \cdot Q , \qquad (1)$$

мұнда $V_{аэр}$, $V_{кан}$, $V_{от.з}$ – аэротенктердің, каналдардың, лай бөлетін қондырғылардың тұну бөлімдерінің сәйкес көлемдері, $м^3$; а – аэротенктер мен каналдардағы лай қоспасындағы белсенді лайдың орташа концентрациясы, г/л (кг/$м^3$); а' – лай бөлетін қондырғылардың тұну бөлімдеріндегі белсенді лайдың орташа концентрациясы, г/л (кг/$м^3$); Q –тазаланған судың шығыны, $м^3$/тәу; $П_р$ –белсенді тұнбаның өсуі, г/л (кг/$м^3$).

Аэрациялық ғимаратты пайдалану тәжірибесінен лай белсенділігінің қажетті дәрежесі оның 2÷5 тәулік жасында қамтамасыз етілетіндігі тағайындалған. Өкінішке орай аэрациялық ғимараттың көлемін есептеу кезінде тұнбаның жасын ескеру бойынша қандай да бір нақты ұсыныстар әдебиеттерде берілмеген.

Аэротенктің 1$м^3$ көлеміне есептелінген аэрациялық жүйенің өзінің тотықтыру қабілеті, лай қоспасындағы лайдың концентрациясы жоғары болған сайын (белгілі шекке дейін) жоғарылайды. Лайдың концентрациясы лайдың дозасы деп аталады. Аэротенктердегі лайдың дозасы өте үлкен аралықта өзгереді, 1-ден 20 г/л дейін.

Белсенді лайдың 1 сағат аралығындағы тотықтыру қабілеті, тотығу жылдамдығы деп аталады және аэротенктің параметрлерін есептегенде негізгі есептеу көрсеткіші болып табылады.

3.6.2 Оттегінің биохимиялық қажеттігі (ОБҚ)

Биохимиялық тазартылатын ағынды сулар ОБҚ және ОХҚ шамаларымен сипатталынады.

ОБҚ – оттегінің биохимиялық қажеттігі немесе 1л ағынды судағы органикалық заттарды аэробты жағдайда суда өтетін биологиялық процестердің нәтижесінде белгілі бір уақыт аралығында (2, 5, 8, 10, 20 тәулік) тотықтыру үшін қажетті оттегінің мөлшерін айтады.

Оттегінің биохимиялық қажеттілігінде нитрификация процесіне, яғни ағынды судағы аммоний иондарын нитрит-иондарында, әрі қарай нитрат-иондарында айналдыруға жұмсалатын оттегінің шығыны есептелмейді.

Әртүрлі органикалық заттардың биохимиялық тотығуы әртүрлі жылдамдықпен жүреді. Биохимиялық тотығу процесі қысқа болуы да (2–3 тәулік), бірақ 10–15 тәулікке де созылуы мүмкін. Сондықтан ОБҚ-ін анықтауды аяғына дейін, яғни сынамада органикалық заттардың құрамы іс жүзінде өзгеруін тоқтатқанға дейін жүргізу керек. Бұл $ОБҚ_{толық}$ деп аталады.

Бұрын 5 тәуліктегі ОБҚ-ін ($ОБҚ_5$) анықтаумен шектелген. Бұл жалпы қалалық ағынды сулар құрамында биологиялық қиын

тотығатын заттары бар өндіріс қалдықтарымен аз ластанған жағдайда рұқсат етілген. Қазіргі уақытта тек толық ОБҚ анықталады.

ОХҚ – оттегінің химиялық қажеттігі, яғни судағы барлық тотықсыздандырғыштарды тотықтыру үшін шығындалатын тотықтырғыштың эквивалентті мөлшеріне тең, оттегінің мөлшері. ОХҚ де 1 мг затқа жұмсалатын оттегінің мг мөлшерімен көрсетіледі.

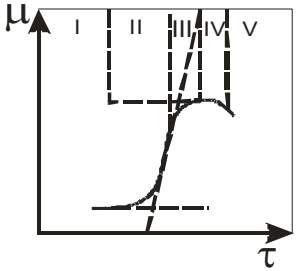
Биохимиялық көрсеткіштер. Микроорганизмдердің биохимиялық активтілігі ағынды сулардағы органикалық ластаушы заттарды ыдыратуына байланысты биохимиялық әрекеттер деп аталады. Ағынды сулардың биологиялық ыдырауы, $ОБҚ_{толық}$/ОХҚ қатынасымен түсіндірілетін, биохимиялық көрсеткіш арқылы сипатталынады.

Биохимиялық көрсеткіш ағынды суларды тазартатын өндірістік ғимараттарды пайдалану мен есептеу үшін қажетті параметр болып табылады.

Оның мәні ағынды сулардың әртүрлі топтары үшін кең аралықта ауытқиды.

Өндірістік ағынды сулардың биохимиялық көрсеткіші төмен (0,05–0,3); ағынды тұрмыстық ағынды суларда 0,5-тен жоғары болады.

Биомассаның өсуі. Ағынды суларды тазалау процесінде ластаушы заттардың химиялық табиғатына, түріне және микроорганизмдердің жас мөлшеріне, ОБҚ және ОХҚ-не, ағынды сулардағы азот пен фосфор концентрациясына, судың температурасына байланысты биомассаның өсу процесі жүреді. Биомассаның өсуі микроорганизмдердің көбею жылдамдығына байланысты және уақытқа тәуелді болады. Уақытқа байланысты микроорганизмдердің өсу процесін 40-суреттегі қисық түрінде көрсетуге болады.



40-сурет. Микроорганизмдердің өсу жылдамдығы

Жылдамдыққа байланысты микроорганизмдердің өсуін бірнеше кезеңге бөлуге болады. 1-кезең – бейімделуі, мұнда клеткалардың өлшемдері өседі, бірақ олардың саны өспейді. 2-кезең – экспоненциальді өсуі, мұнда клеткалар максималды жылдамдықпен бөлінеді. 3-кезең –

өсуінің баяулауы, мұнда қоректік заттардың таусылуы байқалады. 4-кезең – тұрақты өсуі, микроорганизмдердің саны өзгеріссіз қалады. 5-кезең – жойылуы, қоректік заттардың жетіспеушілігінен клеткалар ыдырап, жойылып, биомассаның жалпы санының төмендеуіне әкеледі.

Қисықтың еңкіштігі (40-сурет) әртүрлі уақыт аралығына байланысты өзгеретін микроорганизмдердің күрт өсу жылдамдығын көрсетеді. 2-кезең микроорганизмдердің өте тез даму кезеңі болып табылады. Қоректік заттар көп және өсу жылдамдығы ыдырау өнімдерімен шектелмейді.

Жаңа субстратты үздіксіз беріп және заттардың ыдырау өнімдерін шығарып тұру арқылы микроорганизмдердің жоғары жылдамдықпен көбеюін қамтамасыз етуге және ағынды суларды үздіксіз тазарту процесін жүргізуге болады.

3.6.3 Аэротенктер

Аэротенктер ағынды суларды толық және жартылай биологиялық тазарту үшін қолданылады. Аэротенктер тазаланатын ағынды су мен белсенді лай ауамен қанығып, араласатын резервуарлар. Ағынды сулар аэротенктерге әдетте механикалық тазартудан кейін келіп түседі. Мұнда жүзгін заттардың концентрациясы 150 мг/л-ден аспауы керек, ал рұқсат етілген ОБҚ мөлшері аэротенктің түріне байланысты. Өндірістік және тұрмыстық ағынды сулардың қоспаларын тазарту кезінде ортаның активті реакциясы, температурасы, тұздардың құрамы, зиянды заттардың, майлардың болуы, биогенді элементтердің құрамы бойынша талаптар орындалуы керек.

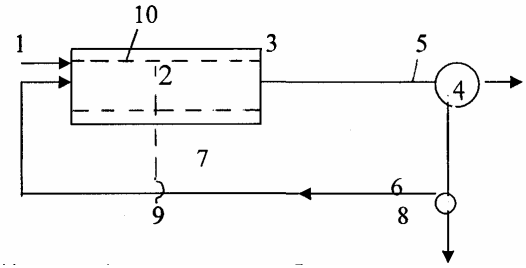
Аэротенктерде биологиялық тотығу процесінің қалыпты жүруін қамтамасыз ету үшін, пневматикалық, механикалық және пневмомеханикалық аэрация жүйелері көмегімен үздіксіз ауа беріп отыру қажет.

Жаңадан жасалған аэротенктерде жұмысты бастағанда, белсенді лайдың қажетті жұмыс дозасы құрамында әрқашанда әртүрлі микроорганизмдері бар, ағынды суларда аэрациялау көмегімен биомассаны өсіру арқылы қалыптастырылады. Бұл кезде аэротенктегі ағынды сулардың шығыны, лайдың дозасы өскен сайын біртіндеп артады. Аэротенкті жұмысқа қосу үшін, температуралық (және басқа да) жағдайға байланысты 2–4 апта, кейде одан да көп уақыт қажет болуы мүмкін. Өнімділігі кішігірім аэротенктерді жұмысқа қосуды жылдамдату үшін, жақын жерде орналасқан, жұмыс істеп тұрған тазарту қондырғыларынан белсенді лайды әкеліп қосуға болады. Аэротенктердің есептелген жұмыс режимінде белсенді лай тазаланған судан бөлінгеннен кейін, аэротенкке қайтып жіберіледі. Сонымен,

ағысты жағдайда белсенді лай аэротенкпен лай бөлу бөлімінің арасында циркуляцияланып отырады.

Алайда, ағынды суларды аэротенкте биологиялық тазарту кезінде еріген органикалық заттар, сондай-ақ тұнбайтын ұсақ дисперсті және коллоидты заттар лайға өтіп, бастапқы биомассаның өсуіне әкеледі. Белсенді лайдың дозасының оптималды мөлшерден асып кетуін болдырмау үшін, (бұл екінші реттік тұндырғыштардан жүзгін заттардың артық мөлшерде шығуына алып келеді), аэротенкке лайдың жұмыс дозасын ұстап тұруға қажет мөлшері ғана қайтып жіберіледі. Лайдың қалған бөлігі биологиялық тазартуды қажет етпейтін артық лай түрінде аэротенк жүйесінен өңдеуге немесе жоюға шығарып тасталынады.

Биологиялық тазарту процесін аэротенкке ағысты режимде екінші реттік тұндырғыштан шыққан лайды қайта жіберу және лайдың артық мөлшерін өңдеуге жіберу арқылы жүзеге асыру сызбанұсқасы классикалық аэрация деп аталады (41-сурет).



41-сурет. Ағынды суларды биологиялық тазартудың классикалық сызбанұсқасы

1- бірінші реттік тұндырғыштан кейінгі ағынды сулар; 2-аэротенк; 3- аэротенктен шыққан лай қоспа; 4- екінші реттік тұндырғыш; 5-тазаланған су; 6- лай камерасы; 7,8-циркуляциялық және артық белсенді лай; 9- ауа бөлгіштегі ауа; 10-аэротенкке ауаны беру және таратудың аэрациялық жүйесі.

Бұл схеманың құрамына аэрациялық және тұндырғыш ғимараттар, аэротенктерге ағынды суды тарату мен беру коммуникациялары және қондырғылары, лай қоспасын лай бөліміне жіберетін және жинайтын, тазаланған суды шығаратын, циркуляциялық белсенді лайды аэротенкке қайтаратын және артық лайды бөліп шығаратын, аэротенкке ауаны жіберетін және таратын құрылғылар кіреді.

Белсенді лай аэротенктің жоғарғы жағынан беріледі, бірінші реттік тұндырғыштан кейінгі тазартылатын ағынды суды да осы жерден кіргізеді. Ағынды су белсенді лаймен араласқаннан кейін, лай қоспасы түзіледі. Лай қоспасының аэротенктен шығуға бағытталған

қозғалысы кезінде биохимиялық реакциялардың жүруіне қажетті ластаушы заттармен беттесу уақыты қамтамасыз етіледі. Аэротенктер көбінесе бойлама қоршаулармен ені 4–9 м аралығындағы жеке коридорларға бөлінген, тік бұрышты резервуар түрінде жасалады. Мұнда лай қоспасы аэротенктің кіре берісінен, одан соңына дейін үнемі араласып және оттегімен қамтамасыз етіліп ағады. Тұндырғыштарда лай қоспасы гравитациялық күштің әсерімен, биологиялық тазаланған суға және тұндырғыштардың төменгі бөлігінде тұнып, нығыздалатын белсенді лайға бөлінеді.

Лай қоспасын бөлу кезінде лайдың концентрациясы, лай қоспасындағы лайдың концентрациясына, тұндыру жағдайына, тұндырғыштардың ерекшеліктеріне байланысты құрғақ зат бойынша 6–10 г/л жетуі мүмкін. Бұл жерде лайдың концентрациясын іс-жүзінде одан әрі арттыруға қол жетпейді, себебі тұндырғыштағы оттегісіз судағы белсенді лайдың шектен тыс болуы бір жағынан лайдың седиментациялық қабілетін нашарлатады және тазаланған сумен лай қалдығының бірге шығуын арттырады, екінші жағынан лайдың метаболикалық қасиетін нашарлатады және аэротенктің тотықтырғыштық қуатын төмендетеді. Аэротенктерге қайтып келетін циркуляциялық лайдың шығыны және белсенді артық лайдың көлемі және оларды қабылдайтын, ғимараттардың көлемі тұндырғыштардан шығарылатын лайдың концентрациясына байланысты болады.

Тұндырғыштардан шығарылатын лайдың концентрациясы аэротенктегі лайдың концентрациясынан 2–4 есе көп болатындықтан, циркуляциялық шығын тазартылатын ағынды судың шығынының 30–60%-ын құрайды.

Аэротенктер келесі негізгі белгілері бойынша бөлінеді:

1) гидродинамикалық режимі бойынша ығыстырғыш-аэротенктерге, араластырғыш аэротенктерге және аралық типті аэротенктерге (ағынды суларды біркелкі шоғырландырып енгізеді);

2) белсенді лайды регенерациялау әдісі бойынша – жеке регенерациялайтын аэротенктерге және жеке регенерацияламайтын аэротенктерге;

3) белсенді лайға түскен жүктеме бойынша – жоғары күш түсетін (жартылай тазалау үшін), әдеттегідей және төмен күш түсетін (ұзартылған аэрациямен);

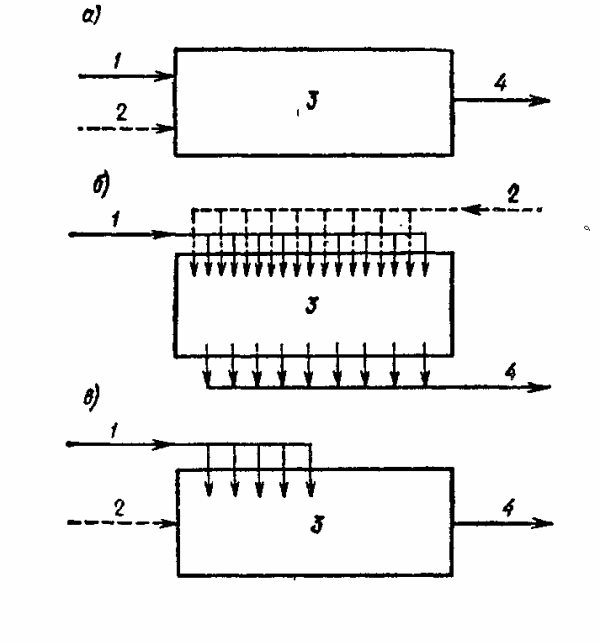
4) сатылар мөлшері бойынша – бір, екі және көп сатылыға;

Ағыстың түріне байланысты аэротенктер былайша жіктеледі:

а) аэротенк-ығыстырғыштар (42,а-сурет); б) аэротенк-араластырғыштар (42,б-сурет); б) ластанған суды біркелкі бытыратып беретін аэротенктер(42,в-сурет).

Аэротенк-ығыстырғыштар. Аэротенк-ығыстырғыштарда суды және лайды қондырғының басынан береді, соңынан шығарады, алдыңғы лай қоспасын соңында қайтадан келіп түскен қоспа ығыстырып шығарады (42,а -сурет).

Аэротенктің 1–4 коридоры бар. Қондырғының басында ластаушы заттардың концентрациясының жоғары болуы, олардың тотықтыру жылдамдығын өсіруді қамтамасыз етеді. Аэротенктердің ұзындығының бойында судың құрамының өзгеруі лайдың бейімделуін қиындатады және олардың белсенділігін төмендетеді. Осындай аэротенктер аз ластанған (ОБК$_{толық.}$бойынша 300 мг/л-ге дейін) ағынды суларды тазарту үшін қолданылады.



42-сурет. Аэротенктердің түрлері
1 – ағынды суды кіргізу; 2 – активті лайды кіргізу;
3 – аэротенк; 4 – лай қоспасын шығару

Ағынды суды толық биологиялық тазарту кезінде ОБҚ мәні ең аз мүмкін мөлшеріне дейін азайып, лайдың дозасы ішінара өскен сайын, аэротенктің кіре берісінде белсенді лайға түсіретін максималды күш аэротенктен шығатын жерінде іс жүзінде нөлге дейін біртіндеп төмендейді. Ағынды суда улы заттар болған жағдайда белсенді лай

аэротенкке кезекті қайтарылған кезінде есеңгіреу (шоковое) жағдайына ұшырайды.

Лайға тұрақты күш түсуі немесе бұл шаманың азырақ ауытқуы және аэротенкті ауа беріп тұру, аэротенктің бүкіл бойында бірыңғай оттегілік режимді қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Алайда аэротенк-ығыстырғыштарда бұл шартты іске асыру қиындайды, қондырғының ұзындығы бойынша жылдамдық өзгеріп отыратындықтан, ауаны да сәйкес дифференциалды беру қажет, бірақ та ауаны таратудың техникалық қиындықтарына байланысты, бұл мүмкін емес. Сондықтан аталған аэротенктер кең қолданыс таппаған.

Аэротенк-араластырғыштар. Аэротенк-араластырғыштар аэротенк-ығыстырғыштарға қарағанда белсенді лайды салыстырмалы тұрақты жағдаймен қамтамасыз етеді. Осындай аэротенктер концентрациясы жоғары өндірістік ағынды суларды ($ОБК_{толық}$ 1000 мг/л-ге дейін) тазартуға арналған.

Бұл аэротенк тазаланатын ағынды судың қондырғының бүкіл бойында біркелкі таралуына негізделген, аэротенктің барлық аймақтарында ластаушы заттардың концентрациясы бірдей болады. Аэротенктен шығатын тазарған судың құрамында тотықпаған заттар да болуы мүмкін. Алайда, ғимараттың көлемі дұрыс есептеліп, араластыру дәрежесі жеткілікті болса, тазаланбаған заттардың мөлшері жоққа жақындайды және осындай қондырғыдағы суды тазарту сапасы, аэротенк-ығыстырғыштардағы тазарту сапасынан кем болмайды. Осы қондырғылардың артықшылығы белсенді лайға ластаушы заттардың концентрациясы жоғары және тазартылатын су құрамында улы заттар болғанда, аэротенк-ығыстырғыштардағыдай белсенді лайға кенеттен және есеңгіретін күш түсірілмейді.

Аэротенк-араластырғыштарда суды және лайды аэротенктің ұзын коридорының бойымен біркелкі енгізеді және лай қоспаны қарама-қарсы қабырғадан шығарады (42,б-сурет). Алайда, тазартылған сумен бірге ішінара тотыққан немесе тотықпаған ластаушы заттардың шығып кету мүмкіндігін ұмытпау керек, бұл осы ғимараттарда суды тазартудың сапасының тұрақтылығын және сенімділігін төмендетеді.

Ағынды суды біркелкі бытыратып беретін аэротенктер. Аэротенк-ығыстырғыштар мен аэротенк-араластырғыштардың аралығындағы модификация – суды біркелкі бытыратып беретін аэротенктер (42,в-сурет).

Осы қондырғыларда суды жоғары сапамен тазартатын аэротенк-ығыстырғыштар мен қондырғының бүкіл бойына белсенді лайға түсетін күшті орталауға мүмкіндік беретің, аэротенк-араластырғыштардың артықшылығымен белгілі бір дәрежеде біріктірілген. Бұл әсіресе белсенді лайға кенеттен күш түсірмес үшін немесе ластаушы заттардың

концентрациясы кездейсоқ артып кетпес үшін ерекше маңызды. Суды біркелкі бытыратып беру режимімен жұмыс істейтін аэротенктерде белсенді лай қондырғының басынан шоғырланып беріледі. Ағынды су коридордың ұзындығы бойымен аэротенктің бірнеше нүктелерінен біркелкі бытыратып беріледі де, лай қоспасы аэротенктің соңынан шығарылады.

3.6.4 Аэротенктерде ағынды суларды тазартудың технологиялық сызбанұсқалары

Ағынды суды тазалаудың негізгі технологиялық сызбанұсқасына бір сатылы аэротенктер, регенерациялы аэротенктер және екі сатылы аэротенктер кіреді.

Бір сатылы аэротенктер ағынды суларды тазартудың ең қарапайым сызбанұсқасына жатады (43,а-сурет).

Осы сызбанұсқа бойынша әдеттегідей аэрацияны қолданып ағынды суларды тазалауға болады. Басқа ғимараттарға қарағанда бір сатылы аэротенктер пайдалануға өте қолайлы, қарапайым, бірақ бірқатар жетіспеушілігі бар. Мұндай аэротенктерде белсенді лайдың массасын көбейту жолымен ағынды суды тазарту жылдамдығын жоғарылатуға болмайды. Құрамында улы заттары бар ағынды сулар бірден көп түскен кезде, белсенді лайдың микротұрғындарының тіршілік әрекеті бұзылуы немесе өліп қалуы мүмкін. Екі жағдайда да аэротенктің қалыпты жұмысы ұзақ уақытқа бұзылады. Аталған кемшіліктер басқа схема бойынша жұмыс істейтін аэротенктерде кездеспейді (43,б-сурет).

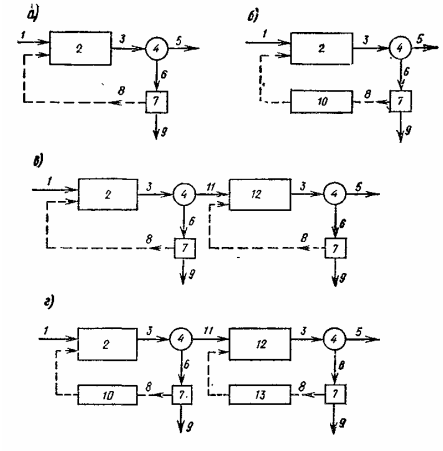
Аэротенктері және регенераторлары бар схема екі процестің жылдамдықтарының – ағынды суды бастапқы ластаушы заттардан лаймен тазартудың және осы ластаушы заттардың биохимиялық тотығу жылдамдығының айырмашылығына негізделген. Тазартылатын ағынды судан еріген және жүзгін заттарды бөліп алу, олардың тотығуына қарағанда тезірек жүреді. Тазарту осындай сатыларға шартты түрде ғана бөлінеді, бұл фазаларды іс жүзінде шектеу, бөлу мүмкін емес. Сондықтан осы сатылардың әр қайсысын қолайлы жағдайда, бөлек жүргізу тиімді деп есептеледі және бұл негізінен аэротенктердің жұмыс істеуінің тиімділігін арттыруды қамтамасыз етеді.

Осындай модификацияның технологиялық мәні сол, мұнда ағынды сулардан ластаушы заттарды бөліп алғаннан кейін, белсенді лай жиналған ластаушы заттарымен бірге тазаланған судан бөлінеді де, аэротенкке түспейді, арнайы жабдықталған аэрациялық қондырғыларға – регенераторларға жіберіледі. Регенераторда белсенді лай белгілі бір уақыт аралығында ағынды сусыз аэрацияланады, жиналған ластаушы заттардан

босайды және өзінің белсенділігін қалпына келтіреді. Регенерацияланған лай регенератордан шығарылған соң аэротенктің өзіне қайтадан жіберіледі. Конструкциясы жағынан регенераторлардың аэротенктерден ешқандай айырмашылығы жоқ және жеке тұрған ғимарат түрінде немесе аэротенкпен бірге де орналастырылуы мүмкін.

Лайдың регенерациясы жоқ бір сатылы схемаларды ағынды судың ОБҚ-гі 150 мг/л аспағанда, регенерациямен 150 мг/л асып кеткенде және ағынды судың құрамында зиянды өндірістік қоспалар болған кезде қабылдайды.

Ағынды судағы органикалық заттардың концентрациясы жоғары болғанда, екі сатылы, кейде тіпті үш сатылы тазарту қондырғыларын қабылдайды, тазартылатын су әр сатыдан кезекпен өтеді (43,в-сурет).



43-сурет. Ағынды суларды аэротенктерде тазартудың негізгі технологиялық сызбанұсқалары

а – регенерациясыз бір сатылы аэротенк; б – регенерациялы бір сатылы аэротенк, в – екі сатылы регенерациясыз аэротенк, г – екі сатылы регенерациялы аэротенк; 1–тазартылмаған ағынды суды кіргізу; 2 – аэротенк; 3 – лай қоспасын шығару, 4 – тұндырғыш; 5 – тазартылған ағынды суды шығару, 6 – тұндырылған активті лайды шығару, 7 – лайдың насос станциясы, 8 – қайтарылған активті лайды кіргізу, 9 – артық активті лайды шығару, 10 – регенератор; 11 – тазартудың I сатысынан кейін ағынды суды шығару; 12 – II-сатыдағы аэротенк; II-сатыдағы регенератор

Бір сатылы аэротенктерде ағынды судағы ОБҚ 50–70%-ға дейін төмендейді. Тұндырылғаннан кейін толық тазартылмаған ағынды су екі сатылы аэротенктерге тереңірек тазартуға жіберіледі.

Ағынды суды екі сатылы аэротенктерде тазарту регенерациямен және регенерациясыз жүргізілуі мүмкін. Әдетте регенератор бірінші сатыда қолданылады.

Әр сатының циркуляциялық белсенді лайының өзінің тұйық жүйесі бар, артық лай әр сатыда бөлек немесе аэротенктің соңғы сатысында бірге шығарылуы мүмкін. Іс жүзінде қондырғының екінші және үшінші сатысында тазарту сапасының тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін аэротенк ығыстырғыштар қолданылады. Тазарту сапасының дәрежесі төмен болғанда ластаушы заттардың негізгі бөлігін тазарту үшін (яғни, суды ішінара тазарту үшін) аэротенк-араластырғыштар қолданылады. Тазартылатын ағынды судағы ОБҚ-гі 300 мг/л дейін болғанда аэротенк-ығыстырғыштарды пайдаланудың тиімді екендігі іс жүзінде көрінген. ОБҚ мәні 150 мг/л жоғары болғанда оларға регенерация бөлімдері енгізіледі. Осы жағдайда регенерациясыз схемаларға қарағанда технологиялық және техникалық-экономикалық жоғары нәтижелер береді деп есептеледі.

Ағынды судың ОБҚ 300 мг/л жоғары болғанда, аэротенк-араластырғыштарды қолданған дұрыс. Ластаушы заттардың бастапқы концентрациясы жоғары болған сайын осы қондырғыларды қолдану, әсіресе екі, үш сатылы биологиялық тазартудың бірінші сатысы ретінде қолдану экономикалық жағынан өте тиімді.

Коммуналды шаруашылықта сондай-ақ, көп камералы аэротенктер және окситенктер қолданылады. Окситенктер – техникалық оттегі берілетін герметикалық жабылған резервуарлар. Окситенктердің тотықтыру қабілеті қалыпты аэротенктермен салыстырғанда бірнеше есе жоғары, лайдың дозасы 6 – 10 г/л дейін жетеді.

3.6.5 Аэрация

Суда оттегі аз ериді (температура мен қысымға байланысты), сондықтан оны оттегімен қанықтыру үшін, көп мөлшерде ауа беріледі.

Аэрация кезінде, ауа, ағынды су және лай арасы үлкен беттесу бетімен қамтамасыз етілуі керек, бұл тиімді тазартудың қажетті шарты болып табылады. Аэротенктерде ағынды суларды пневматикалық, механикалық және пневмомеханикалық аэрациялау әдістері қолданылады. Әдіс аэротенктің типіне және аэрацияның қажетті жылдамдығына байланысты таңдап алынады.

Пневматикалық аэрацияда қысылған ауа, ауа үрлегішпен түйіршікті керамикалық плиталар арқылы беріледі. Механикалық аэрацияда ауа ағынының ұсақталуын қамтамасыз ететін, әртүрлі

қондырғылармен сұйықты араластырады. Осы қондырғылардың жанында оттегі ауа ағынына өтетін газ түйіршіктері пайда болады.

Пневмомеханикалық аэраторларды қарқынды араластыру мен жоғары тотықтырғыш қуат қажет болған жағдайда қолданады. Осы аэраторларда қысылған ауа үлкен тесікті аэрациялық сақина арқылы келіп, кішкентай түйіршіктерге бөлінеді. Бұл оттегін пайдалану дәрежесінің артуына және құбыр мен түйіршікті плиталар аэраторларымен салыстырғанда, ұсақ түйіршіктерді жасауға кететін энергия шығынын азайтуға көмектеседі.

3.6.6 Аэротенктерді есептеу

Аэротенктерді есептеу қондырғының сыйымдылығын және габаритін, қажетті ауа мен артық лайдың мөлшерін анықтаудан тұрады [14]. Аэротенктердің сыйымдылығы максималды ағыс сағатындағы аэрация кезінде орта сағатта түсуі бойынша анықталады.

СНжЕ-ге сәйкес аэротенк-араластырғыштардағы аэрацияның ұзақтығын t, келесі формулаға сәйкес анықтауды ұсынады:

$$t = (L_a - L_t) / a\,(1 - S)\rho \quad , \qquad (3.20)$$

мұнда L_a, L_t – аэротенкке келіп түскен және тазартылған ағынды судағы $ОБК_{толық}$, мг/л; а – лайдың дозасы, г/л, (регенерациясыз аэротенк-араластырғыштарда а = 3 г/л, регенерациямен а = 2 – 4,5 г/л); S – ағынды судағы ластаушы заттардың сипаты мен тазартудың тереңдігіне және тұнбаның жасына тәуелді, лайдың күлділігі; эксперименталды мәліметтер бойынша немесе ұқсас жағдайда жұмыс істейтін тазарту қондырғыларының мәліметтері бойынша қабылданады (қалалық ағынды сулар үшін S=0,3); ρ – тотығудың меншікті жылдамдығы, 1 сағаттағы 1 г күлсіз лай затына мг $ОБК_{толық}$.

Ластаушы заттардың тотығуының меншікті жылдамдығы процесті жүзеге асыру шартының функциясы болып табылады және ферментативті реакция теңдеулерімен сипатталынады:

$$\rho = \rho_{\max} \cdot \frac{L_t \cdot C_o}{L_t \cdot C_o + K_L \cdot C_o + K_o \cdot L_t} - \frac{1}{1 + \varphi a} \quad , \qquad (3.21)$$

мұнда ρ_{max} – лайдың әртүрлерінің тотығуының максималды меншікті жылдамдығы, мг/(г·сағ); C_o–аэрациялық қондырғыдағы еріген оттегінің концентрациясы, мг/л; K_L –органикалық ластаушы заттардың қасиетін сипаттайтын константа, мг $ОБК_{толық}$/л; K_o – оттегінің әсерін сипаттайтын константа, мг O_2/л; φ – белсенді лайдың ыдырау өнімдерімен биологиялық процестерді ингибирлеу коэффициенті, л/сағ.

ρ_{max}, K_L, K_o, φ, S мәндері әртүрлі ластаушы заттар үшін тәжірибе жолымен анықталады. Ағынды сулардың кейбір түрлері үшін, осы шамалардың мәні 11-кестеде келтірілген. Аэротенк-ығыстырғыштардағы есептелген аэрация ұзақтығы келесі формуламен есептелінеді:

$$t = \frac{1+\varphi a}{\rho_{\max} \cdot C_o \cdot a(1-S)} \left[(C_o + K_o)(L_a - L_t) + K_L C_o \cdot \ln \frac{L_a}{L_t} \right] K_p \qquad (3.22)$$

мұнда K_p – бойлама араластырудың әсерін ескеретін, коэффициент (L_t =15 мг/л дейін биологиялық тазартуда 1,5-ке тең, L_t >30 мг/л кезінде 1,25-ке тең деп қабылдайды); L_a – циркуляциялық белсенді лаймен араласуын ескергендегі аэротенкке түсетін ағынды судағы $ОБК_{толық}$, мг/л.

11-кесте

p_{max}, K_L, K_0,φ және S мәндері

Ағынды сулар	p_{max} мг БПКполн/(г·ч)	K_L мг БПКполн/л	K_0 мг O_2/л	φ, л/ч	S
Қалалық өндірістік:	85	33	0,625	0,07	0,3
а)мұнай өңдейтін заводтарда:					
I жүйе	33	3	1,81	0,17	-
II жүйе	59	24	1,66	0,158	-
б)азот өндірісінде	140	6	2,4	1,11	-
в) синтетикалық каучук өндірісінде	80	30	0,6	0,06	0,15
г) целлюлозды -қағаз өндірісінде:					
сульфатты-целлюлозды өндіріс	650	100	1,5	2	0,16
сульфитті-целлюлозды өндіріс	700	90	1,6	2	0,17
д)табиғи талшық өндірісінде (вискоздар)	90	35	0,7	0,27	-
е) жүнді алғашқы өңдеу өндірісі:					
I баспалдақ	32	156	-	0,23	-
II баспалдақ	6	33	-	0,2	-
Ашытқы заводтарында	232	90	1,66	0,16	0,35
з) органикалық синтездеу заводында	83	200	1,7	0,27	-
и)микробиологиялық өндірісте:	280	28	1,67	0,17	0,15
лизина өндірісі					
биовита және витамицин өндірісі	1720	167	1,5	0,98	0,12

$$L_a^{'} = (L_a + L_t \cdot R)/(1+R), \qquad (3.23)$$

мұнда R – белсенді лайдың рециркуляциясының дәрежесі, келесідей анықталады:

$$R = a / (1000/J) - a, \qquad (3.24)$$

J – лайлық индекс, $см^3/г$ (12-кесте); J шамасы окситенктер үшін 1,3–1,5 есе төмендеуі керек.

12-кесте

Лайлық индекстің J_i мәні

Ағынды сулар	Ji, $см^3/г$, тұнбаға түсетін күштегі $q_{ил}$, мг/(г·тәу)					
	100	200	300	400	500	600
Қалалық	130	100	70	80	95	130
Өндірістік:						
Мұнай өңдейтін заводтар	-	120	70	80	120	160
Синтетикалық каучук заводтары	-	100	40	70	100	130
Целлюлозалы-қағаз	-					
комбинаттары	-	220	150	170	200	220
Химиялық комбинаттар		90	60	75	90	120

(3.24)-формула $J_o<175$ $см^3/г$ және $a \leq 5$г/л кезінде тура болады. R шамасы, лай сорғыштары, лай қырғыштары бар және лайды өздігінен шығаратын тұндырғыштар үшін 0,3; 0,4 және 0,6-ға сәйкес келеді.

Тәулігіне лайдың 1 г затына әсер ететін күш

$$q_{ил} = \frac{24(L_a - L_t)}{a(1-S)t}. \qquad (3.25)$$

Белсенді лайды регенерациялайтын аэротенктерді қолдану кезінде алдымен ластаушы заттардың қажетті тотығу ұзақтығы келесі формула бойынша анықталады:

$$t_o = (L_a - L_t)/R\, a_p(1-S)\rho, \qquad (3.26)$$

мұнда a_p – регенератордағы лайдың дозасы, г/л, келесідей анықталады

$$a_p = [1/(2R) + 1]a, \qquad (3.27)$$

ρ - лайдың дозасы a_p-ға тең болғанда жоғарыда келтірілген формула бойынша есептелінетін шама.

Суды аэротенктің өзінде өңдеу ұзақтығы t_a келесі формуламен анықталады:

$$t_a = (2{,}5/\sqrt{a})\lg(L_a^{'}/L_t)\,. \qquad (3.28)$$

Лайды регенерациялау ұзақтығы айырма түрінде анықталады:

$$t_p = t_o - t_a\,. \qquad (3.29)$$

Регенерациясыз аэротенктердің көлемі келесідей анықталады:

$$V_a = t_a \cdot Q_{есеп}\,. \qquad (3.30)$$

$Q_{есеп}$ –ағынды судың есептелген шығыны, $м^3$/сағ.

Лайдың регенераторы бар аэротенктердің көлемі келесідей анықталады:

$$V_a = t_a\,(1+R)Q_{есеп}\,. \qquad (3.31)$$

Регенераторлардың көлемі келесідей анықталады:

$$V_a = t_p \cdot R \cdot Q_{есеп}\,. \qquad (3.32)$$

Аэротенктердегі белсенді лайдың өсуін П, мг/л, төмендегі формула бойынша анықтау ұсынылады:

$$П = 0{,}8 \cdot B_в + K_п \cdot L_a\,, \qquad (3.33)$$

мұнда $B_в$ – аэротенкке түсетін ағынды судағы жүзгін заттардың концентрациясы, мг/л.

$K_п$ – активті лайдың өсу коэффициенті, қалалық және құрамы бойынша қалалық ағынды суларға жақын өндірістік ағынды сулар үшін $K_п$ = 0,3; ағынды суларды окситенктерде тазалау кезінде $K_п$ мәні 0,25-ке дейін төмендейді.

Аэротенктерде ағынды суларды тазарту кезінде, ауаның меншікті шығыны Д, $м^3/м^3$, $1м^3$ ағынды суды өңдеуге қажетті оттегі шығынының $1м^3$ ауамен бірге берілетін оттегі шығынына қатынасымен анықталады:

$$Д = \frac{Z(L_a - L_t)}{k_1 \cdot k_2 \cdot n_1 \cdot n_2 (C_h - C)}\,, \qquad (3.34)$$

мұнда Z – ауадағы оттегінің меншікті шығыны, мг, алынған $ОБК_{толық}$ 1 мг-на: толық тазарту кезінде – 1,1 мг/мг-ға тең, толық емес тазарту кезінде – 0,9 мг/мг-ға тең болады; k_1 – аэратордың типін ескеретін коэффициент:

13-кестеден алынады; k_2 – аэраторлардың бату тереңдігіне h_a байланысты коэффициент, 14-кесте бойынша қабылданады; n_1 – ағынды судың температурасын ескеретін коэффициент:

$$n_1 = 1 + 0{,}02\,(T_{ор} - 20)\,, \qquad (3.35)$$

мұнда $T_{ор}$ – жаз мезгіліндегі ағынды судың орташа айлық температурасы, ^oC; n_2 – ағынды судың сапасының коэффициенті; қалалық ағынды су үшін n_2 = 0,85, өндірістік ағынды сулар үшін тәжірибелік мәліметтер бойынша қабылданады, олар жоқ болған

жағдайда 0,7-ге тең деп қабылданады; $C_р$ –судағы оттегінің ерігіштігі, мг/л:

$$C_р = (1 + h_a/20)\, C_т\,, \qquad (3.36)$$

мұнда $C_т$ – қысым мен температураға байланысты, ауадағы оттегінің суда ерігіштігі, 15-кесте бойынша қабылданады; С – аэротенктегі оттегінің орташа концентрациясы, 2 мг/л-ға тең деп жуықтап қабылдайды.

Аэрацияланатын аймақтың f ауданы пневматикалық аэраторлардың алатын ауданы бойынша қабылданады (олардың арасындағы 0,3 м-ге дейінгі аралықтарды қосып алғанда). Табылған D және t мәні бойынша, аэрация қарқындылығы анықталады I, $м^3/(м·сағ)$

$$I = DH/t\,, \qquad (3.37)$$

мұнда Н - аэротенктің жұмыстық тереңдігі, м.

13-кесте

k_1 және $I_{макс}$ мәндері

f/F	k_1	$I_{макс}$ $м^3/(м^2·сағ)$
0,05	1,34	5
0,1	1,47	10
0,2	1,68	20
0,3	1,89	30
0,4	1,94	40
0,5	2	50
0,75	2,13	75
1	2,3	100

14-кесте

k_2 және $I_{мин}$ мәндері

h_a, м	k_2	$I_{мин}$ $м^3/(м^2·сағ)$
0,5	0,4	48
0,6	0,46	42
0,7	0,6	38
0,8	0,8	32
0,9	0,9	28
1	1	24
3	2,08	4
4	2,52	3,5
5	2,92	3
6	3,3	2,5

Аэротенк-ығыстырғыштарда ауаның меншікті шығыны мен аэрация қарқындылығы (3,34; 3,37) формулалары бойынша анықталады. Егер есептелген аэрация қарқындылығы $I_{мах}$-дың k_1 үшін қабылданған мәнінен көп болса, аэрацияланатын аймақтың ауданын үлкейту керек; егер $I_{мин}$-дің k_2 үшін қабылданған мәнінен аз болса, $I_{мин}$ мәнін 14-кесте бойынша қабылдап, ауа шығынын арттыру керек.

Аэротенктердің жұмыстық тереңдігін 3-тен 6 м-ге дейін қабылдайды, аэротенктердің жұмыстық тереңдігіне коридор енінің қатынасы – 1:1-ден 2:1 аралығында.

Аэротенктер мен регенераторлар үшін секция саны екіден аз болмауы керек. Өнімділігі 50 мың. $м^3$/тәулігіне дейінгі станциялар

үшін секциялардың саны – 4 –6, ал өнімділігі жоғары кезінде – 6–8 болғаны қолайлы, олардың әрқайсысы екі – төрт коридордан тұрады.

15-кесте

0,1 МПа қысымда таза судағы оттегінің ерігіштігі

Температура, °С	$C_т$, мг/л	Температура, °С	$C_т$, мг/л
5	12,79	20	9,02
10	11,27	22	8,67
12	10,75	24	8,33
14	10,20	26	8,02
16	9,82	28	7,72
18	9,4		

Типтік аэротенк-араластырғыштардың негізгі параметрлері 16-кестеде, ал типтік аэротенк-ығыстырғыштар үшін 17-кестеде келтірілген.

16-кесте

Типтік аэротенк-араластырғыштардың негізгі параметрлері

Коридордың ені, м	Аэротенк-тердің жұмыстық тереңдігі, м	Коридор-лар саны	Секцияның жұмыстық көлемі, $м^3$	Секция-ның ұзынды-ғы, м	Типтік жобаның нөмірі
3	1,2	2	170 260	24 36	902-2-94 902-2-95/96
4	4,5	2	864 1296	24 36	902-2-215/216 902-2-217/218
6	5	3	3780 5400 7560	42 60 83	902-2-268 902-2-269 902-2-211
9	5,2	4	21680 28080	120 150	902-2-120/72 902-2-264

3.7 Биофильтрлер

Биофильтрлер – ағынды су микроорганизмдердің биологиялық қабықшасымен жабылған жүктеме материал арқылы сүзілетін ғимараттар (44-сурет).

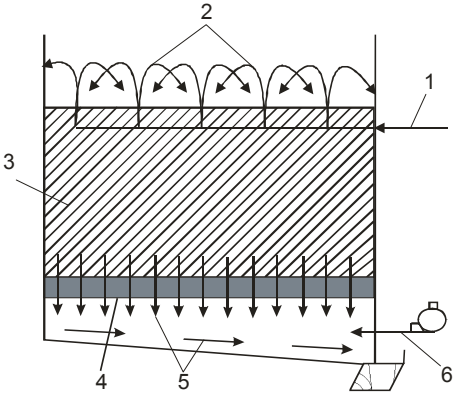
Биофильтрлер келесі бөліктерден тұрады:

а) шлак, керамзит, қиыршық тас және т.б. сүзгіш жүктеме материалдардан;

ә) бірқалыпты аздаған интервалмен биофильтрдің жүктемесінің бетін ағынды сумен суландыратын су таратқыш құрылғылардан;

б) сүзілген суды шығаратын дренаж құрылғыларынан;

г) тотығу процесіне қажетті ауа беріп тұратын ауа таратқыш құрылғыдан.



44-сурет. Биологиялық фильтрдің сызбанұсқасы

1 – ағынды суды енгізу; 2 – су таратқыш құрылғылар; 3 – фильтрлегіш жүктеме; 4 – дренаж құрылғылары; 5 – тазартылған су; 6 – желдеткіш құрылғылар

Биофильтрлерде өтетін тотығу процесі биологиялық тазартудың басқа ғимараттарындағы, әсіресе шашырату және сүзу алаңдарындағы процестерге ұқсас. Бірақ биофильтрлерде бұл процестер кәдімгідей қарқынды жүреді.

Ағынды су биофильтрдің жүктемесі арқылы өткенде, бірінші реттік тұндырғыштарда тұнбаған ерімеген қоспалардан тазарады, сондай-ақ коллоидты және еріген органикалық заттар биологиялық қабықшамен сіңіріледі. Биоқабықшаны мекендеген микроорганизмдер органикалық заттарды тотықтырып, өздерінің тіршілігіне қажетті энергияны алады. Микроорганизмдер органикалық заттардың бір бөлігін өздерінің массаларын үлкейту үшін пайдаланады. Сонымен, ағынды су органикалық заттардан тазартылады және биоқабықшаның массасы ұлғаяды. Биомассаның артық және өлген бөлігі биофильтрден ағынды сумен шайылып шығарылады.

Биохимиялық процестерге қажетті оттегі фильтрлерге табиғи және жасанды желдету арқылы беріледі. Биофильтрлер толық және толық емес биологиялық тазартып жұмыс істеуі мүмкін.

Биофильтрлер әртүрлі белгілеріне, негізінен конструктивтік ерекшеліктеріне және жүктеме материалдардың түріне байланысты жіктеледі. Жүктеме материалдардың түріне байланысты көлемдік

жүктемелі биофильтрлер (қиыршық тас, керамзит, шлак және т.б.) және жазықтықтық жүктемелі биофильтрлер болып бөлінеді.

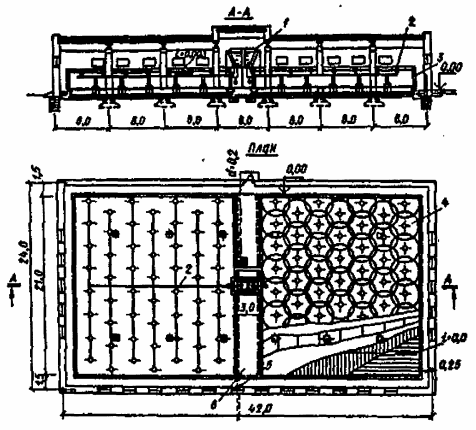
Көлемдік жүктемелі биофильтрлер келесі түрлерге бөлінеді:

- тамшылы биофильтрлер, жүктемелі материалдың ірілігі 20–30 мм және қабаттың қалыңдығы 1–2 м;
- жоғары жүкті биофильтрлер, материалдың ірілігі 40–60 мм және қабаттың қалыңдығы 2–4 м;
- үлкен биіктікті (мұнаралы) биофильтрлер, материалдың ірілігі 60–80 мм және қабаттың қалыңдығы 8–16 м.

Тамшылы биофильтрлер. Мұнда ағынды су тамшылатып беріледі. Биофильтрдің беткі бөлігі дренаж арқылы ауамен табиғи желдетіліп тұрады. Тамшылы биофильтрлер ағынды суларды биологиялық толық тазартуға арналған және ағынды судың шығыны тәулігіне 1000 $м^3$ дейін болғанда қолдану ұсынылады. Егер ластаушы заттардың мөлшері рұқсат етілген мөлшерден көп болса, тамшылы биофильтр тез ластанады, жұмысы нашарлайды.

Тамшылы биофильтрлер дөңгелек немесе тік бұрышты етіп жасалады. Екі түбі бар, қабырғасы тұтас, екі түптің арасында мүмкіндігінше 0,6 м кем емес аралық қалдырылады. Биофильтрдің дренажы темір бетонды плитадан жасалады. Суды дренаж жүйесіне жіберетін саңылаулардың жалпы ауданы биофильтр бетінің жалпы ауданының 5–8 % -ын құрайды. Су жылдамдығы 0,6 м/с аз болуы тиіс. Биофильтрдің қабырғасы темір бетоннан немесе кірпіштен жасалады, жүктеменің фильтрлегіш қабатынан 0,5 м жоғары болады. Биофильтрдің фильтрлегіш қабаты үшін ең қолайлысы қиыршық тастар. Қолданылатын материалдардың барлығы да төзімділігі бойынша қажетті талаптарға сәйкес болуы тиіс. Тамшылы биофильтрдің жүктемесі оның бүкіл биіктігінде ірілігі бірдей болуы керек, ал төменгі, биіктігі 0,2 м ұстап тұратын қабатта жүктеменің ірілігін 70–100 мм аралығында болатындай етіп алған дұрыс. 45-суретте тік бұрышты тамшылы биофильтр келтірілген.

Тамшылы биофильтрлердің жұмыс істеу сызбанұсқасы төмендегідей. Бірінші реттік тұндырғыштарда тазартылған су өздігінен немесе напормен таратқыш қондырғыларға түседі де, периодты түрде фильтрдің бетіне беріліп тұрады. Биофильтрден сүзілген су дренаж жүйесі арқылы шығарылады. Одан соң екінші реттік тұндырғыштарға барады, биоқабықша тазарған судан бөліп алынады.



45-сурет. Тамшылы биофильтр

а) көлденең қимасы; б) жоспар; 1 – ағынды суды дозалаушы бактар; 2 – спринклерлер (су шашыратқыштар); 3 – жүктеме материал; 4 – биофильтрдің қабырғасы; 5 – биофильтрге ағынды суды енгізу

Жоғары жүкті биофильтрлер. Тамшылы биофильтрлерден айырмашылығы – тотықтыру қуаты үлкен. Себебі лайлануы аз және ауа жақсы араласады. Жоғары жүкті биофильтрлер ағынды суды тазартудың кез келген қажетті дәрежесін қамтамасыз ете алады, сондықтан, өнімділігі тәулігіне 50 мың $м^3$ дейінгі, толық, сондай-ақ толық емес тазарту станцияларында қолданылуы мүмкін.

Мұнаралы биофильтрлер өнімділігі тәулігіне 50 мың $м^3$, $ОБК_{толық}$ 20–25 мг/л дейінгі тазарту станцияларынды қолданылады.

3.8 Сумен жабдықтау жүйелері мен көздерін санитарлық қорғау аймақтары

Санитарлық қорғау аймақтары (СҚА) су жүйесі ғимараттары мен пайдаланылатын су көздерін ластаудан сақтап, тұрғындарға берілетін су сапасын төмендетпеу мақсатында құрылады. СҚА үш белдеуден тұрады.

Бірінші «қатал тәртіп» белдеуі сумен жабдықтау ғимараттары орналасқан аймақтар мен су көзін қамтиды. Бұл аймақтарда су жүйесіне қатысы жоқ адамдардың жүруіне, әр түрлі құрылыстар салынуына және шомылуға, мал суаруға тиым салынған.

Екінші «шектелген тәртіп» белдеуі сумен жабдықтау көзі аймағын қамтиды. Бұл белдеуде улы заттардың, қалдық қоймаларын құру, құнарлы заттар себу, мал фермаларын, ағынды сулар тазарту станцияларын орналастыру, қиыршық тас және құм алу карьерлерін жасау сияқты жұмыстар жүргізілмеуі тиіс.

Үшінші белдеу – «бақылау белдеуі». Бұл аймаққа денсаулық сақтау мекемелері су арқылы жұқпалы аурулар тарап кетпеу жолдарын қарастырып және бақылап отырады.

Өзендер мен каналдар үшін бірінші белдеудің өлшемі су ағысының бағытына байланысты су ғимараттарынан жоғары қарай 200 м, ал төмен қарай 100 м-ден кем болмауы тиіс. Бір қаптал жағы соңғы тұрған ғимараттан 100 м, ал қарсы су жағалауынан 50–100 м-дей болатын шекарамен шектеледі. Бұл аймақ биіктігі 2 м қорғанмен қоршалып, өзен арнасы белгілерімен белгіленеді.

Өзендерде екінші белдеудің өлшемі –төмен қарай 250 м, ал жоғары қарай 3–5 тәулікте ағып кететін ластаушы заттардың ағу жылдамдығын есептей отырып анықталады. Ал қаптал жағы тегіс бедерлерде 750 м-ден кем болмауы тиіс. Таулы жерлерде бірінші су бөлгішке дейінгі жер, ал қоймалар мен көлдерде 3 немесе 5 км жер қамтылады.

Үшінші белдеу – екінші аймақтан бастап есептегенде, 3–5 км жерді қамтиды.

Бірінші белдеу жер асты су көздерінде, егерде құдық жалғыз болса, радиусы 30 м (ластанбайтын жер қабаты үшін) жерді қамтиды. Ал егер ұңғылар топтасқан болса, онда осы алынған қашықтықтар соңғы құдықтан бастап әрі қарай алынады.

Екінші белдеу ластаушы дақтың 100 немесе 400 тәулікте құдыққа жету уақытын есептеу арқылы белгіленеді.

Пайдаланылған әдебиеттер

1. *Кривошеин Д.А., Кукин П.П., Лапин В.Л.* Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков. Учеб. пособие. М.: Высшая школа, 2003. 344 с.

2. *Николадзе Г.И., Минц Д.М., Кастальский А.А*. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения. Учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1984. 368 с.

3. *Алексеев Л.С.* Контроль качества воды. Учебник. М.: ИНФРА-М, 2004. 153 с.

4. *Абрамов Н.Н.* Водоснабжение. М.: Стройиздат. 1982. 442 с.

5. *Фрог Б.Н., Левченко А.П.* Водоподготовка. Учебное пособие для вузов. М.: МГУ, 2003. 680 с.

6. *Кульский Л.А., Строкач П.П*. Технология очистки природных вод.–Киев: Вища школа, 1986. 352 с.

7. *Яковлев С.В., Воронов Ю.В.* Водоотведение и очистка сточных вод/ Учебник для вузов: М.: АСВ, 2002. 704 с.

8. *Клячко В.А., Апельцин И.Э.* Очистка природных вод. М.: Стройиздат, 1971. 579 с.

9. *Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников Н.С.* Учебник для вузов. – М.: Химия,1989. 512 с.

10. Қазақстан республикасының су кодексі. Алматы: Юрист, 2002.

11. Водные ресурсы Казахстана в новом тысячелетии: Обзор ПРООН в Казахстане. – Алматы. 2004.

12. *Челноков А.А.* Основы промышленной экологии. Лабораторно-практические работы. Минск: Технопринт, 2001. 165 с.

13. *Яковлев С.В., Карелин Я.А*. Очистка производственных сточных вод. – М.: Стройиздат, 1985. 480 с.

14. *Ласков Ю.М., Воронов Ю.В., Калицун В.И.* Примеры расчетов канализационных систем. – М.: Стройиздат, 1987. 243с.

15. *Жұмағұлов Н.* Сумен жабдықтау. –Астана: Фолиант, 2003. 192 б.

16. *Мырзахметов М., Тойбаев К.Д.* Ластанған суды әкету және тазалау. Алматы, ҚазМСҚА. 1996. 140 б.

17. *Тоғабаев Е.Т., Тойбаев К.Д.* Сумен жабдықтау және канализация. –Алматы: ҚазМСҚА, 1998. 184 б.

18. Методика расчета предельно-допустимого сброса (ПДС) веществ в водные объекты РК. – Алматы: Минэкологии, 1995.

19. РНД 1.01.00-94. Правила охраны поверхностных вод РК. – Алматы: Минэкологии, 1994.

20. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль. – М.: Стройиздат, 1982.

МАЗМҰНЫ

	Алғы сөз	3
	1–Бөлім. Су – тіршілік көзі	4
1.1.	Су және оның өмірдің дамуындағы ролі	4
1.2.	Судың физикалық және химиялық қасиеттері	5
1.3.	Қазақстан Республикасының су ресурстары	9
1.4.	Су ресурстарының ластану көздері және оларды ластанудан, сарқылудан қорғау	11
1.5.	Су пайдалану және су тұтыну	13
1.6.	Су пайдалану категориялары және су объектісінің сапасын нормалау	15
1.7.	Су тұтынушылар және олардың суға қоятын талаптары	18
1.8.	Су тұтыну мөлшері	19
1.9.	Сумен қамтамасыз ету көздері және олардың сипаттамасы	22
	2–Бөлім. Табиғи суларды тазарту технологиясы	24
2.1.	Су сапасының көрсеткіштері	24
2.2.	Табиғи сулардың сапасын жақсартудың негізгі әдістері мен технологиялық сызбанұсқалары	29
2.3.	Табиғи суларды тазарту технологиясында реагенттер қолдану	37
2.4.	Суды тұндыру және мөлдірлеу процестерінің теориялық негіздері. Тұндырғыштар	42
2.5.	Фильтрлеу	46
2.5.1	Баяу фильтрлер	47
2.5.2	Жылдам фильтрлер	48
2.5.3	Өте жылдам фильтрлер	51
2.6.	Суды залалсыздандыру әдістері	52
2.6.1	Суды хлорлау	53
2.6.2	Суды озондау технологиясы	57
2.6.3	Суды ультракүлгін сәулелермен залалсыздандыру	61
2.6.4	Суды ультрадыбыс арқылы залалсыздандыру	63
2.6.5	Суды күміс иондарымен залалсыздандыру	63
2.6.6	Суды термиялық залалсыздандыру	64

2.7.	Суды жұмсарту әдістері	64
2.7.1	Суды ион алмасу әдісімен жұмсарту және тұзсыздандыру	66
2.7.2	Ион алмасу әдісінің физика-химиялық негіздері	66
2.7.3	Ион алмастырғыш материалдар және олардың сипаттамасы	68
2.7.4	Ион алмасу технологиясы	70
2.8	Суды тұзсыздандыру (тұщыландыру)	73
2.9	Флотация	78
2.9.1	Ауаны механикалық диспергирлеу арқылы түзілген көпіршіктермен флотация	80
2.9.2	Ерітіндіден ауа бөлінуі арқылы жүретін флотация	81
2.9.3	Тесікті материалдар арқылы жүретін флотация.....	84
2.9.4	Биологиялық, химиялық және иондық флотация.....	84
2.10	Су тазартудың сорбциялық әдістері	85
2.10.1	Адсорбциялық қондырғылар	88
2.10.2	Адсорбенттің регенерациясы	89
2.11	Мембраналық әдістердің сипаттамалары, кері осмос және ультрафильтрация	90
	3–Бөлім. Ағынды суларды тазарту технологиясы ...	93
3.1	Ағынды сулардың құрамы мен қасиеттері.....	93
3.1.1	Ағынды сулардың түзілу ерекшеліктері	93
3.1.2	Ағынды сулардың су қоймасына әсері	95
3.1.3	Ағынды суларды қалалық су шығару жүйесіне қабылдау шарттары	96
3.1.4	Ағынды суларды су қоймаларына төгу шарттары	97
3.1.5	ШРТ – ластаушы заттардың су объектілеріне шектелген рұқсат етілген төгілімі	100
3.1.6	Ағынды сулардың қажетті тазарту дәрежесін анықтау	102
3.2	Ағынды суларды тазартудың технологиялық сызбанұсқалары	106
3.2.1	Ағынды су құрамының санитарлық-химиялық көрсеткіштерінің анализі	106
3.2.2	Ағынды суларды құрамына сәйкес тазарту әдістерін таңдап алу	109
3.2.3	Ағынды суларды тазартудың технологиялық сызбанұсқаларын жасау және негіздеу	111
3.3	Ағынды суларды тазартудың электрохимиялық әдісі	117

3.3.1	Электрохимиялық тазарту әдістерінің классификациясы және қолданылу салалары.....	117
3.3.2	Анодтық тотығу	118
3.3.3	Катодтық тотықсыздану	120
3.3.4	Электрокоагуляция	121
3.3.5	Электрофлотация	122
3.3.6	Электродиализ	123
3.4	Ағынды суларды тазартудың химиялық әдістері ...	125
3.4.1	Нейтралдау	125
3.4.2	Тотығу және тотықсыздану	128
3.4.3	Хлормен тотықтыру.....	128
3.5	Экстракция	130
3.6	Ағынды суларды тазартудың биохимиялық әдістері	133
3.6.1	Белсенді лайдың негізгі сипаттамалары	135
3.6.2	Оттегінің биохимиялық қажеттігі (ОБҚ)	137
3.6.3	Аэротенктер	139
3.6.4	Аэротенктерде ағынды суларды тазартудың технологиялық сызбанұсқалары	144
3.6.5	Аэрация	146
3.6.6	Аэротенктерді есептеу	147
3.7	Биофильтрлер	152
3.8	Сумен жабдықтау жүйелері мен көздерін санитарлық қорғау аймақтары	155
	Пайдаланылған әдебиеттер	157

Оқулық басылым

Г.Х.Керейбаева

ТАБИҒИ ЖӘНЕ АҒЫНДЫ СУЛАРДЫ ТАЗАРТУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ НЕГІЗДЕРІ

Оқу құралы

РО меңгерушісі	*З.А. Ғұбайдулина*
Редакторы	*Т.О. Бекмағамбетова*
Техн. редакторы	*Ж.Н. Байменова*
Компьютерде беттеген	*А.Н. Оразалиева*

Басуға қол қойылды 18.04. 2008 ж.
Пішімі 60х84 1/16. № 1 баспаханалық қағаз. Шартты б.т. 10,0
Есепті б.т. 10,2. Таралымы 500 дана. Тапсырыс №146. Бағасы келісімді.

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық
университетінің басылымы
ҚазҰТУ-дың Ғылыми-техникалық баспа орталығы,
Алматы, Ладыгин көшесі, 32