

43
серия ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ

1

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік
университетінің ғылыми журналы
Научный журнал Павлодарского государственного
университета имени С. Торайғырова

1997 жылы құрылған
Основан в 1997 г.



С. Торайғыров
атындағы ПМУ-дің
академик С.Бейсембағи
атындағы ғылыми
КІТАПХАНАСЫ

ПМУ
ХАБАРШЫСЫ
ВЕСТНИК ПГУ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СЕРИЯ

2 2011

Теруге 11.12.2011 ж. жіберілді. Басуға 12.12.2011 ж. қол қойылды.
Форматы 70x100 1/16. Кітап-журнал қағазы.
Көлемі шартты 6,10 б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген М.А. Ескожинова
Корректорлар: Б.Б. Әубәкірова, М.А. Джумадиева, А.Р. Омарова
Тапсырыс №1625

Сдано в набор 11.12.2011г. Подписано в печать 12.12.2011 г.
Формат 70x100 1/16. Бумага книжно-журнальная.
Объем 6,10 ч.-изд. л Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка М.А. Ескожинова
Корректоры: Б.Б. Аубакирова, Б.В. Нургожина, А.Р. Омарова
Заказ №1798

«КЕРЕКУ» баспасы
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69
E-mail: publish@psu.kz
kereku@mail.ru

С.А. ГЛАЗЫРИН, А.Е. АНАРБАЕВ, Н.С. ГЛАЗЫРИНА
СУЛЬФОКӨМІРДІ РЕГЕНЕРАЦИЯЛАУ ҮШІН
КӨМІРҚЫШҚЫЛ ГАЗДЫҢ ҚОЛДАНУ
МҮМКІНШІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

Суды әзірлеуде басты процесс ион алмасу материалдарының қолдану технологиясы болып табылады, бірақ ион алмасу сүзгілерінде периодты регенерация болғанын талап етеді. Мұндай сүзгілерді пайдалануда негізгі есепке олардың техника-экономикалық табысты жұмыс көрсеткіштерінің жоғарлығы болып табылады, атап айтқанда: меншікті мұқтазға ең төменгі су мен тұз шығының есептеп, жоғарғы айырбастау сыйымдылығын, СДҚ ағынсыз схемасында қолдану мүмкіншілігін ұйымдастыру.

Осындай жағдайларда жаңа қымбат емес және бір қалпына келтірілетін регенерацияланатын агенттер және су дайындаудың жаңа технологиялары және ионитті регенерациялардың өңдеуі белгілі реагенттер сақтайтын болады.

Дүниежүзілік бірлестікте жыл сайын өндіріс және отын-энергетикалық қорлардың тұтынуының өсуінен табиғатқа негативті әсерлері өседі. Ең үлкен басты қауып соңғы 20 жылдарда атмосфераға көмірқышқыл газдардың лақтырындысының көлемі 40% үлкеюнен «парникті газдардың» атмосфераға лақтырулары болып табылады.

Кальций және магний иондары судың ең маңызды сапа көрсеткіштерінің бірі болып табылады, әр түрлі қажеттіліктер үшін қолдану мүмкіншілігін анықтайды (бу қазандарының коректенуі үшін, суыту мақсаттары үшін, тұрмыстық мұқтаждықтар үшін және т.б.). Ca^{2+} және Mg^{2+} иондары қиын еритін электролиттерді құрайды және соның қасында әдетте аниондар табиғи суларда болады. Аниондар олармен қиын еритін электролиттерді құрайды.

Табиғи сулардың химиялары үшін кальций иондары CO_3^{2-} -нің (кальций карбонаты CaCO_3) иондарымен қиын еритін тұздар құрастырғанда осы жағдайдың мәні зор және жеткілікті HCO_3^- тің иондарымен жақсы ериді (магний иондары бұл аниондардың екеуімен жеткілікті жақсы еритін тұздарды құрастырады). HCO_3^- және CO_3^{2-} иондары (судың рН өзгерісімен) бір-біріне оңай өтеді, нәтижесінде кальций иондары (CaCO_3 қатты фаза түрінде) судан ыдырап бөлінеді, немесе (CaCO_3 еріп) суға түседі. Қиын еритін CaCO_3 пайда болуы, су дайындау процесінде, кальцийдің иондарының судағы концентрациясын төмендету үшін жиі қолданылады.

1 кестеде – CaCO_3 -ің ерігіштігінің әртүрлі температурадағы өзгерісі көрсетілген.

Кесте 1

CaCO_3 -тің әртүрлі температурадағы судағы ерігіштігі

Температура, °С	20	75	100	220	263	289	309
Ерігіштік CaCO_3 , мг/л	13,0	18,2	23,8	16,6	14,4	13,2	10,9

Кестеде келтірілген 20 °С-дағы CaCO_3 ерігіштігі, негізінде көбейтіндісімен есептелген шамасынан шамамен 2 есе асады. Бұл CO_3^{2-} иондары су ерітінділерінде гидролиздарға душар болады, нақ сол кезде қиын еритін тұздардың ерігіштігін үлкейтеді.

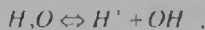
рН төмендеумен CaCO_3 ерігіштігі (әлсіз қышқыл тұздағыдай) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -тын пайда болғандығынан өседі. рН-тың төмендеуімен, CO_3^{2-} иондары, әлсіз қышқылдардың аниондары сияқты, сутегінің иондарымен әрекеттеседі:



Сонымен бірге, CO_3^{2-} иондарының концентрациясы төмендейді, Ca^{2+} және CO_3^{2-} иондардың концентрациясының көбейтіндісі CaCO_3 ерігіштігінен кішірейін және кейбір CaCO_3 -тың қосымша мөлшері ерітіндіге өтеді.

Кальций иондары сульфат - иондарымен қиын еритін кальций сульфаттарын құрайды, олардың ерігіштігі күрт көтерілген теріс коэффициентпен сипатталады.

Магний иондары әлсіз ион негіздері сияқты гидролизға душар болады, олар негізгі иондардың пайда болуына жетелейді:



(2)



Температура үлкейгенде (≈ 100 оС) гидролиз $Mg(OH)_2$ пайда болуына ықпалдайды.

Оттық газдарда, көмірқышқыл газдың 15,2%-тен 17% дейін жоғары болғандықтан, катиониттің регенерациясы процесінде оның ықпалдығын тексере отыру керек.

Бикарбонат – иондары HCO_3^- , әлсіз көмір қышқылы болып табылғандықтан, ол диссоциацияда бірінші сатысы болып табылады. Су ерітінділерінде болатын бикарбонат - иондары, соңғы аниондардың жарқылай диссоциациясы қышқыл тұз сияқты болады (екінші сатысы бойынша қышқылдың диссоциациясы):



(3)

Сутегінің иондары концентрациясының жоғарлауы еркін көмір қышқылының пайда болуына алып келеді:

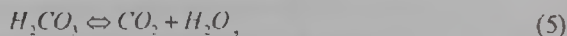


(4)

Көрсетілген процестердің нәтижесінде ерітіндіде бір уақыттағы бикарбонат - иондары, карбонат - иондары және еркін көмір қышқылы бар болуы.

Жоғарыда айтылған бикарбонат - ион гидролизының процесінің қиындатуы кальций иондарының қатысуымен және олармен қиын ерігін карбонат кальцийді $CaCO_3$ құрастырылған. CO_3^{2-} иондарының ерітіндіде қала алатын шекті концентрациясы, кальцийдің иондарының концентрациясымен шектеледі. CO_3^{2-} иондарының молдығы (тыстан көп концентрациясы) кальций карбонаттың қатты фаза түрінде ерітіндіден ыдырап шығуына апарады.

Су ерітінділерінде тепе-теңдік бар болғандықтан



(5)

оның күйі оңға қарай көбірек жылжығандықтан, онда әдетте H_2CO_3 концентрациясын есептемей, CO_2 концентрациясының баламалысын есептейді (көмір қышқылының тепе-теңдік).

5-інші теңдеу H_2CO_3 және CO_2 молекулаларының арасындағы концентрациясының тепе-теңдіктігін көрсетеді. Өйткені, CO_2 - газ сияқты өнім болғандықтан, оның судағы ерігіштігі CO_2 -нің ауадағы парциалды

қысымына және температурасына тәуелді болады. Температураның жоғарылауынан және CO_2 аз парциалды қысымында, судағы CO_2 ерігіштігінің шамасы, оның тепе-теңдік концентрация шамасынан кіші болатынын көрсете алады, тек қана Ca^{2+} және HCO_3^- концентрацияларымен анықталатын, CO_2 тепе-теңдік күйінде ерітінді жүйесінде болады. Жүйе аумалы болғандықтан және онда тепе-теңдікті қалпына келтіру процестері өздігінен ағымдап, яғни CO_2 концентрациясы жоғарылауына және функционалді оған қатысты H_2CO_3 -ның концентрациясы жоғарылауына апарып, нәтижесінде химиялық реакциялар болуы мүмкін, бикарбонат- иондар гидролизы, жеке алғанда [(3) және (4) теңдеуі]. Бірақ, бұл теңдеулерден бір уақытта карбонат - иондар пайда болады. Атап айтқанда, көмір қышқылының ерітіндідегі концентрациясы жоғарылауынан карбонат-иондардың концентрациясының жоғарылауына аарады.

Өйткені, бастапқы ерітінді CaCO_3 қаныққан болса, онда CO_3^{2-} нін концентрациясы жоғарылап, ерітінді CaCO_3 қаныққан болады, соңғы ерітіндіден қатты фаза түрінде шығады.

Қайта орналастырылған тепе-теңдікте Ca^{2+} , HCO_3^- және H_2CO_3 концентрациясының арасындағы сандық байланыстар, келесі пікірлер негізінде шығарылады. (4)-нші теңдеуге сәйкес x -тың молярлық концентрациясын көмір қышқылының пайда болуына және HCO_3^- пен H^+ концентрациясының осы шамаға азайуына аарады. (3) теңдеуімен бейнеленген реакция барысында, сутегінің иондарының концентрациясы x -тың шамасына төмендеп, нәтижесінде реакция тепе-теңдігі оң жағына жылжуына апарып соғады. Ерітінді буферлік болғандықтан (оның буферлік қасиеттері HCO_3^- ерітіндіде бар болуы шартты және оның концентрациясы H_2CO_3 пен CO_3^{2-} -тан едәуір аса басым болады), ондағы сутегінің иондарының белсенділігі іс жүзінде тұрақты болып қалады және демек, (4) реакцияның өту ағысында сутегінің иондары концентрациясы x шамасына төмендеуі, нәтижесінде (3) реакцияның өту ағысы осы шамаға жоғарылауына аарады.

Сонымен бірге, ерітіндіде CO_3^{2-} иондарының концентрациясы x шамасына тең болып және HCO_3^- тың иондардың концентрациясы қосымша тағы x шамасына төмендеуіне (барлығы $2x$ шамаға) аарады.

Бастапқы ерітіндідегі жеке компоненттердің концентрациясы $C_{\text{Ca}^{2+}}^{\text{баст.}}$, $C_{\text{HCO}_3^-}^{\text{баст.}}$, $C_{\text{CO}_3^{2-}}^{\text{баст.}}$, $C_{\text{H}^+}^{\text{баст.}}$ арқылы белгілеп, тепе-теңдік орналастырылған күйде HCO_3^- пен H_2CO_3 келесі концентрациялар болады:

$$C_{\text{H}_2\text{CO}_3}^{\text{ерит.}} = C_{\text{HCO}_3^-}^{\text{ерит.}} + x$$

$$C_{\text{HCO}_3^-}^{\text{ерит.}} = C_{\text{HCO}_3^-}^{\text{баст.}} + x$$

(6)

CO_3^{2-} иондарының пайда болуы, оның x концентрациясы $C_{\text{CO}_3^{2-}}^{\text{н.к.}} + x$ дейін жоғарлауына келтіреді. Дегенмен, ерітінді, сонымен бірге, CO_3^{2-} -ке қатынасты қаныққан болады, және тепе-теңдікті калпына келтіру үшін (қанығуға дейін ерітіндіні жеткізу) CO_3^{2-} мен Ca^{2+} иондары ерітіндідегі у-ке тең шамамен эквимолекулярлық концентрациялардан, CaCO_3 қатты фаза түрінде бөлектеніп шығады.

Сонымен бірге, CO_3^{2-} пен Ca^{2+} иондарының концентрациялары тепе-теңдік орнаған күйінде, тең болады:

$$C_{\text{CO}_3^{2-}}^{\text{р.м.к.}} = C_{\text{CO}_3^{2-}}^{\text{н.к.}} + x - y \quad (7)$$

$$C_{\text{Ca}^{2+}}^{\text{р.м.к.}} = C_{\text{Ca}^{2+}}^{\text{н.к.}} - y$$

Ca^{2+} және CO_3^{2-} концентрациялары функционалді байланысты екенін есепке ала отырып, және CO_3^{2-} концентрациясы Ca^{2+} концентрациясынан кемінде 2 ретке аз екенін (x және u тің концентрациясы сияқты) біле отырып,

$C_{\text{CO}_3^{2-}}^{\text{н.к.}}$ -тың u шамасына төмендеуі, іс жүзінде $C_{\text{CO}_3^{2-}}^{\text{р.м.к.}}$ онымен салыстырғанда өзгертпегенін ескере отыру керек, т.е. что $x \approx u$.

Тепе-теңдік күйінде мынандай болады:

$$C_{\text{CO}_3^{2-}}^{\text{р.м.к.}} \approx C_{\text{CO}_3^{2-}}^{\text{н.к.}}; \quad (8)$$

$$C_{\text{Ca}^{2+}}^{\text{р.м.к.}} = C_{\text{Ca}^{2+}}^{\text{н.к.}} - x$$

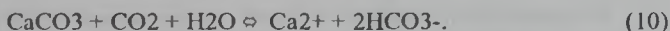
Тепе-теңдік көмір қышқылының концентрациясын есептеу теңдеуіне олардың бастапқы концентрациясы арқылы өрнектелген көмірқышқыл тепе-теңдіктердегі жеке компоненттерінің табылған мәндерін теңдеуге қойып мынаны аламыз:

$$C_{\text{H}_2\text{CO}_3}^{\text{н.к.}} + x = \frac{K_{\text{H}_2\text{CO}_3}^{\text{II}}}{K_{\text{H}_2\text{CO}_3}^{\text{I}} \cdot \text{IP}_{\text{CaCO}_3}} (C_{\text{HCO}_3^-}^{\text{н.к.}} - 2x)^2 (C_{\text{Ca}^{2+}}^{\text{н.к.}} - x) / I_{\text{I}} I_{\text{II}}. \quad (9)$$

Соңғы теңдеуден, x -тың шамасын есептеп және ол табылған шама бойынша көмірқышқыл тепе-теңдігінің жеке компоненттерінің тепе-теңдік концентрация мәнін табуға мүмкіндік береді. x шамасы бір уақыпта, тепе-теңдіктің орнығу моментіне дейінгі, 1 л судан бөлектелген, CaCO_3 моль санын көрсетеді.

Тепе-теңдіктің тұрақтануы физикалық факторлардың әсерімен болуы мүмкін, ол десорбция нәтижесінде көмір қышқылының ерітіндідегі концентрациясының төмендеуінен болады, бірақ мұндай жол әрдайым мүмкін емес екен. Мысалы, сулардағы Ca^{2+} пен HCO_3^- концентрациясы аз болғанда, ол судағы CO_2 -ның ерігіштігінен аз және CO_2 -ның тепе-

теңдік концентрациясы соншама аз болып көрінеді. Дәп осындай, егер су тұйықталған жүйеде және одан CO_2 алып тастауы мүмкін емес немесе қиындау болса, сонымен бірге көмір қышқылының десорбциясы оның концентрациясын азғана азайта алады. Ерітілген көмір қышқылының концентрациясының жоғарлауы, (3) пен (4) теңдеулерімен бағытталған реакциялардың тепе-теңдігінің солдан оңға қарай жылжу нәтижесінде мүмкін болады. Концентрациясының төмендеуі, бұл теңдеулердің тепе-теңдігінің кері бағытта жылжу нәтижесінде болатыны анық. Сонымен бірге, егер ерітіндідегі көмір қышқылының концентрациясының жоғарылауымен бірге, CaCO_3 қатты фаза түрінде бөлініп шығу, оның концентрациясының төмендеуі біртегізде CaCO_3 -тің еруімен әкеледі. Мұндай, тепе-теңдіктің жылжуы, суда молынан ерітілген көмір қышқылының (тепе-теңдік үстінде) бар болуы және ол CaCO_3 -тың қатты фазасымен жанасады. Кальцийдың карбонатымен мол суда ерітілген көмір қышқылының өзара әрекеттесуі мына теңдеумен бейнеленеді:



H_2CO_3 пен HCO_3^- -тың, ерітіндіде бір уақытта болуы, буферлік жүйе жасайды, рН-тың мәні H_2CO_3 пен HCO_3^- -тың концентрацияларының қатынасымен анықталады.

Катиониттерді регенерациялау үшін, әдетте, натрий хлоридының немесе күкүрт қышқылының ерітінділері қолданылады. Бұл реагенттерді алуына шығындар жыл сайын үлкеюде, олар дефицит зат болып келеді, өйткені, оларды басқа өнеркәсіп салаларында қолдануға тырысады, ең алдымен каустика, хлор, тынайтқыш өндірістерінде және тағы басқа өнімдер шығаруында қолдануға тырысады.

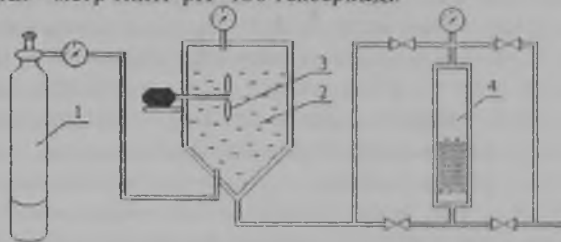
Бұл жағдайда, жаңа қымбат емес және дефицит емес регенерациялау реагенттердің іздестірулері актуалды және су дайындау технологиянысының дамыту және белгілі реагентті сақтайтын регенерациялар иониттері болып табылады.

Бұл жоспар бойынша, қызықты ұсыныс, ол регенерациялау үшін көмірқышқыл газды қолдану керек, өйткені оның өндірісі аса қымбат емес.

Көмірқышқыл газдың қолдануы, катиониттердің регенерациясында қаншама кен қолдану таппады. Осы жағдай, осы тақырып зерттеуі мүмкіндігінің бірі болып тұрған, су өндеуде шығатын оттық газдардан шыққан көмір қышқылының қолдануы.

Судағы көмірқышқыл газдың ерітінділерін, лабораториялық жағдайда даярлау үшін, бағытталатын газды қысымымен, тот баспайтын сыйымдылығы 50 литр болаттан жасалған, тазартылған сумен толтырылған, сыйымды ыдысқа жібереді. Сыйымды ыдыстағы су (1-ші сурет) пропеллерлі араластырғышпен араластырды. Сыйымды ыдыстағы қысым манометрдің көрсеткішімен,

арналған баллоннан шығатын газ шығынының өзгерісімен реттеледі. pH ерітіндісінің мәні, сыйымды ыдыстағы кіркітірілген электродтардың және pH, көмегімен – метр типті pH- 150 тексеріледі.



1 - газбен баллон; 2 - газдардың ерітінділерінің даярлауы үшін сыйымды ыдыс; 3 - араластырғыш; 4- катионмен ион алмасу сүзгісі

1-ші сурет - оттық газдармен катиониттер регенерациясы немесе лабораториялық жағдайдағы, көмірқышқыл газы үшін құрылым схемасы

Көмірқышқыл газдың және оттық газдардың ерітінділерінің қалпына келтіру қабілеттілігінің зерттеулері 15 мм диаметрі хроматографиялық бағандарда жүргізілді, ол диаметрі 50 мм ион- алмасу сүзгісінің үлгісімен шыныдан, диаметрі 200 мм тот баспайтын болаттан жасалған сүзгілер, олар РОК жағдайында Ермак қаласында және өнеркәсіптік ион алмасу сүзгісінде әдейі шарт бойынша жасалған. Катионит ретінде сульфокөмір қолданылды.

Оның, толық айырбастау сыйымдылығы 550 – 600 г-экв/м³, ал жұмысшы сыйымдылығы 300 г-экв/м³. Сонымен бірге сыйымды ыдыстағы қысымы 0,1 интервалдан 0,5 дейін МПа-ға өзгереді. Қысымы 0,1 интервалдан 0,5 дейін МПа-ға өзгергенде көмірқышқыл газдың ерігіштігі екі реттен аса үлкейді, pH-тың ең төменгі мәні 3,7-тен 3,48-ге дейін өзгерген (2-ші кестеде).

2 - Кесте

2-ші кесте - CO₂ пен pH ерітіндісінің ерігіштігі көмірқышқыл газдың қысымына тәуелділігі

Қысым, атм	Ерігіштік, г/л	pH
1	1,7	3,70
2	2,4	3,65
3	3,0	3,55
4	3,5	3,50
5	4,0	3,48

Ерітіндінің pH мәндерінің төмендеуімен оның регенерациялық қабілеттілігі үлкейді. Дегенмен, регенерация дәрежесі өте аз $\eta=1-5\%$, ерітіндінің көлемі сульфокөмірдің (K_v) көлеміне қатынасы 100-ге дейін.

Бұл, регенерациялық қабілеттілік сутегінің иондарының ерітіндісінде, болмашы буферлік эффекттегі, концентрациясын және регенерациялауда көмір қышқылының диссоциациясының дәрежесінің үлкеюін көрсетіп анықтайды.

Осы кестеден көрінгендей ерітіндідегі қаттылық иондарының концентрациясы регенерациядан кейін өте үлкен емес, және олардың ішінкі максимал мәні сутегінің иондарының концентрациясының регенерациялық ерітіндідегі 0,001 г-ион/л немесе рН, 3-ке тең мәніне сәйкес келеді. Регенерацияның дәрежесі - 1% шамасындай.

3 - Кесте

1 атмосфералы қысымдағы көмірқышқыл газ ерітіндісімен
сульфокөмірді регенерациялауы (рН=3,7; сульфокөмір көлемі 150 см³)

Ерітіндінің көлемі, см ³	Ортақ қаттылық, мг-экв/л	Құрамы, Са ²⁺ , мг/л	Құрамы Mg ²⁺ , мг/л
1000	1,18	12,82	9,72
2000	0,48	9,61	9,72
3000	0,46	5,61	8,55
4000	0,44	5,61	8,50
5000	0,42	5,60	6,35
6000	0,40	5,00	5,80
7000	0,40	4,62	3,40
8000	0,23	4,20	3,40
9000	0,20	3,81	2,91
10000	0,18	3,20	2,91

4 - Кесте

0,3 МПа қысымдағы көмірқышқыл газ ерітіндісімен сульфокөмірді
регенерациялауы (рН=3,55)

Ерітіндінің көлемі, см ³	Жалпы қаттылық, мг-экв/л	Құрамы Са ²⁺ , мг/л	Құрамы Mg ²⁺ , мг/л
1000	1,28	18,82	6,80
2000	0,94	14,48	4,86
3000	0,70	10,47	4,86
4000	0,68	9,81	3,89
5000	0,66	8,21	3,89
6000	0,54	7,72	3,40
7000	0,52	6,50	3,28
8000	0,52	6,50	3,28
9000	0,48	5,62	3,26
10000	0,46	5,60	3,24

3 және 4-ші кестелердің салыстыруында, ерітіндінің ерігіштігінің өсуі және рН-тың төмендетуі, көмірқышқыл газдың қысымының үлкеюінен, ерітіндінің регенерациялық қабілеттілігін үлкеюіне алып келгенін көрсетеді. Бұл көрнекілік түрде 10, 5 МПа қысымы үшін бейнеленген (5-ші кесте).

5 - Кесте

5 атм қысымдағы көмірқышқыл газ ерітіндісімен сульфокөмірді регенерациялауы (рН=3, 48)

Ерітіндінің көлемі $V, \text{ см}^3$	Жалпы қаттылық Ж, мг-экв/л	Ерітіндінің көлемі $V, \text{ см}^3$	Жалпы қаттылық Ж, мг-экв/л
500	4,4	13500	0,70
1000	5,2	14500	0,64
2000	5,1	16000	0,60
3000	3,0	17000	0,60
4000	2,2	18000	0,50
5000	1,4	19000	0,48
6000	1,2	20000	0,47
7000	1,2	21000	0,44
8000	1,2	22000	0,40
9000	1,2	23000	0,32
10000	0,8	24500	0,32
11500	0,76	26000	0,30

Сондықтан, регенерациялық ерітінділерді, авариялық (экстремалды) жағдайда, даярлауда Na- катиондалған суда көмір қышқылын қолдануы мүмкін болады. Дегенмен, осы жабдықтың жұмыс тәртіптері эксплуатацияға қолдану кезіндегінен едәуір айырмашылығы болатынын есепке алу керек.

Сонымен бірге, осындай фильтрация кезінде судың өту жылдамдығы эксплуатациялықтан 10-15 есе төмен, фильтроцикл мерзімінде судың орташа қаттылығы бастапқы шамадан тек қана 15% -ке төмендейді.

Судың тазарту дәрежелері жоғарлауында, яғни бастапқы суды қаттылығын орташа сынақтан 35%-ке төмендетсе, фильтроцикл 2 есе төмендейді, фильтраттын сынағында қаттылығын салыстырғанда бастапқыдан 25% азайып төмендейді. Регенерациялау өткізуде 150мкг/л-ден кем қаттылыққа дейін катионитті жууға бола алмайды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Мещерский Н.А. Эксплуатация водоподготовительных установок электостанций высокого давления: 2- *е изд. перераб. -М.: Энергоатомиздат. 1984.-407 с.

