

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ
МИНИСТРЛІГІ
Ш. ЕСЕНОВ АТЫНДАҒЫ КАСПИЙ МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНОЛОГИЯ
ЖӘНЕ ИНЖИНИРИНГ УНИВЕРСИТЕТІ**

Мұнай және Газ институты

«Энергетика» кафедрасы

Тугерова Г.Б.

«Су дайындаудың физика-химиялық тәсілдері» пәнінен
050717 «Жылуэнергетика» мамандықтарына
практикалық сабақтардан әдістемелік нұсқау

АКТАУ, 2010 ж.

050717 «Жылуэнергетика» мамандықтарына «Су дайындаудың физика-химиялық тәсілдері» пәнінен практикалық сабақтардан методикалық нұсқауды дайындаған «Энергетика» кафедрасының аға оқытушылары Тугерова Г.Б. Актау., 2010ж., 45б.

Рецензент т.ғ.к. Быстрицкий О.В..

«Су дайындаудың физика-химиялық тәсілдері» атты әдістемелік нұсқауда есептер, оның шығару жолдары, әдістемелік ұсыныстар, тапсырмалар, әдебиеттер тізімі берілген

Бұл нұсқау «Жылутехникалық процестер және қондырғылар» пәнінен 050717 «Жылуэнергетика» мамандықтарының күндізгі және сырттай оқитын студенттеріне арналған.

Каспий Мемлекеттік Технологиялар және Инжиниринг Университетінің Оқу Әдістемелік Кеңесі шешімімен баспаға ұсынылды.

МАЗМУНЫ

Кіріспе	4
Терминдер мен анықтамалар.....	7
Электролиз.....	16
Есеп.....	43
Пайдаланған әдебиеттер.....	45

Кіріспе.

«Ыдыстарға құйылған ауыз судың қауіпсіздігіне қойылатын талаптар» техникалық регламенті

Қолданылу аясы

1. Осы «Ыдыстарға құйылған ауыз судың қауіпсіздігіне қойылатын талаптар» техникалық регламенті (бұдан әрі - Техникалық регламент) Қазақстан Республикасының «Халықтың санитарлық-эпидемиологиялық салауаттылығы туралы» 2002 жылғы 4 желтоқсандағы және «Техникалық реттеу туралы» 2004 жылғы 9 қарашадағы [Заңдарына](#) сәйкес әзірленген және ыдыстарға құйылған ауыз судың қауіпсіздігіне және оның тіршілік циклындағы процестерге қойылатын талаптарды белгілейді.

2. Техникалық регламенттің талаптары Қазақстан Республикасының аумағында өндірілетін және сатылатын ыдыстарға құйылған ауыз суға қолданылады, олар:

- 1) табиғи минералды сулар;
- 2) бұлақ сулары;
- 3) шығу орны белгіленген сулар;
- 4) асхана суы;
- 5) тазартылған сулар.

3. Осы Техникалық регламенттің талаптары Қазақстан Республикасының аумағына импортталатын ауыз суға қолданылады, олар:

- 1) табиғи минералды сулар;
- 2) бұлақ сулары;
- 3) үшінші елдердің аумағындағы жерасты сулары орналасқан жерлерде өндірілген және ыдыстарға құйылған және техникалық реттеу туралы Қазақстан Республикасының заңнамасына сәйкес Қазақстан

Республикасының мемлекеттік техникалық реттеу жүйесімен танылған сулар.

4. Осы Техникалық регламент қолданылатын өнімдердің түрі және олардың коды Қазақстан Республикасының Сыртқы экономикалық қызметінің тауар номенклатурасының тауарлар жіктемесінің 2201 позициясына сәйкес келеді.

5. Техникалық регламент мыналарға:

1) табиғи минералды емдік және емдік-асханалық ауыз суларға;

2) термалдық немесе гидроминералдық сумен емдеу орындарында емдік ретінде пайдаланылатын табиғи минералды суларға;

3) қуатты ақпараттық және/немесе өзге де физикалық әдістермен және технологиялармен өңделген және емдік қасиеттері бар суларға;

4) дистилденген суларға;

5) тағамдық қоспаларды, оның ішінде шырындарды, тұнбаларды, эссенцияларды, хош иістендіргіштерді, бояғыштарды, қантты, қантты алмастырғыштарды, тәттілендіргіштерді консерванттарды қолдана отырып дайындалған алкогольсіз сусындарға жататын суларға қолданылмайды.

6. Бастапқы су көзінен бастап соңғы тұтынушыға дейін тіршілік циклінің барлық кезеңінде, объектілердегі ауыз судың қауіпсіздігіне байланысты ықтимал қауіп-қатерлерді талдау жүргізіледі.

Өндіруші ауыз судың қауіпсіздігіне байланысты қауіп-қатерлерді талдау нәтижелерін, сыни бақылау нүктелерін, тексеру мен реттеу рәсімдерін кезең-кезеңімен қарайды, олардың мониторингін жүргізеді.

Өндіруші ыдыстарға құйылған ауыз судың қауіпсіздігіне байланысты қауіп-қатерлер туындауы мүмкін нүктелерді сәйкестендіреді және қауіп-қатерлі нүктелерді тексеру және реттеу рәсімдерін жүргізеді.

Судың микробиологиялық және химиялық ластануына байланысты қауіп-қатерлер қауіп-қатердің дәрежесін бағалауға мүмкіндік беретін әдістемеге негізделуі тиіс. Ыдыстарға құйылған ауыз суды талдауға пайдаланылатын әдістер сенімді және салыстырмалы нәтижені қамтамасыз етуі тиіс.

7. Ыдыстарға құйылған ауыз су қауіпсіздігінің қауіп-қатерлерін бағалау кезінде қолданыстағы ғылыми деректер, өңдеу және өндірудің (дайындаудың) тиісті әдістері, инспекторлау, іріктеп бақылау, зертханалық зерттеу әдістері, нақты аурулардың таралу дәрежесі туралы деректер пайдаланылуы және аурулардан таза аймақтар болуы тиіс.

8. Бұл деректер ыдыстарға құйылған қауіпсіз ауыз суды өндіру үшін микробиологиялық, химиялық және радиологиялық қауіпсіздікті азайту, жою немесе алдын алу үшін тиісті бақылау шараларын анықтау үшін негіз болады.

2. Терминдер мен анықтамалар

1) ауыз су - сапасы бойынша табиғи жай-күйдегі немесе дайындалғаннан кейін гигиеналық нормативтерге жауап беретін және адамның ауыз су және тұрмыстық мұқтажыды қанағаттандыруға, сондай-ақ тамақ өнімдерін өндіруге арналған су;

2) табиғи минералды су - адам организміне физиологиялық пайдалы әсерін тигізетін бастапқы химиялық және микробиологиялық құрамымен тұтыну ыдысына құйған кезде сақталып, биологиялық және химиялық ластанудан сенімді қорғалған жерасты суларының шығу жерлерінен өндірілетін ауыз су;

3) бұлақ суы - күндізгі жағдайда жерасты суларының бір немесе бірнеше табиғи шығу жерлерінен өндірілетін су;

4) шығарылатын жері белгіленген су - судың бастапқы физикалық-химиялық сипаттамасын өзгертпейтін және ыдысқа құйылған түрде ауыз судың химиялық, радиациялық және микробиологиялық қауіпсіздігі төмендемейтін ыдысқа құяр алдында суды дайындаудан өткен орталықтандырылған сумен жабдықтау жүйесінен алынған суды қоспағанда, жерасты немесе жерүсті ауыз суымен жабдықтау көздерінен алынған су;

5) асханалық су - халықтың санитарлық-эпидемиологиялық салауаттылығы саласындағы мемлекеттік орган тамақ өнімдерінде пайдалану үшін рұқсат еткен, биологиялық белсенді макро- және микроэлементтер немесе минералдық тұздар қосылған, жерасты немесе жерүсті ауыз суымен жабдықтау көзінен алынған су;

6) тазартылған су - ауыз сумен жабдықтаудың жерасты немесе жерүсті көзінен алынған, оның ішінде орталықтандырылған және орталықтандырылмаған сумен жабдықтау жүйелерінен алынған, бастапқы

судың өзгертілген санитарлық-химиялық сипаттамасы бар және ыдыстарға құяр алдында суды дайындаудан өткізілген су;

7) жерасты суы - жер қойнауындағы су;

8) жерүсті суы - жерүсті суының объектілері: өзендер, көлдер, суқоймалары, теңіздер, мұздықтар суы;

9) ыдыстарға құйылған ауыз су - құрамы, формасы мен сыйымдылығы әртүрлі тұмшаланып жабылған тұтыну орамына (ыдысына) құйылған, бұдан әрі өңдеусіз тікелей пайдалану үшін қауіпсіз ауыз су;

10) ауыз сумен жабдықтау көзі - белгіленген гигиеналық нормативтерге жауап беретін және ауыз сумен жабдықтау жүйесіне су алу үшін пайдаланылуы мүмкін жерасты немесе жерүсті су объектісі;

11) жерасты сулары шығатын жер - оларды пайдалану қоры «Жер қойнауы және жер қойнауын пайдалану туралы» Қазақстан Республикасының 1996 жылғы 27 қаңтардағы Заңының талаптарына сәйкес бағаланған жерасты суларынан тұратын жер қойнауының бөлігі;

12) жерасты суларының пайдаланылатын қоры - берілген режимде және пайдалану шарттарымен, сондай-ақ табиғатты қорғау шектеулерін есепке ала отырып, суды тұтынудың есептік мерзімі ішінде нысаналы пайдалану талаптарын қанағаттандыратын су сапасымен ауыз сумен жабдықтау жүйесіндегі техникалық негізделген су алу құрылыстарының көмегімен жер қойнауында алынуы мүмкін жерасты суының мөлшері;

13) орталықтандырылған ауыз сумен жабдықтау жүйесі - су алуға, дайындауға, сақтауға, ауыз суды тұтыну орындарына беруге арналған және жалпы пайдалану үшін ашық құрылғылар, құрылыстар мен құбырлар кешені;

14) орталықтандырылмаған ауыз сумен жабдықтау жүйесі - ауыз суды оның жұмсалатын жеріне бермей-ақ, ауыз суды алуға арналған, жалпы пайдалануға ашық немесе жеке пайдалануда тұрған құрылғылар мен құрылыстар;

15) физиологиялық толыққанды су - оның ионды-тұзды құрамына, физикалық-химиялық қасиеттеріне, оның құрамындағы биологиялық

белсенді және өзіндік ерекше микроэлементтердің болуына, сондай-ақ ауыз сумен жабдықтау көзі суының бастапқы микробиологиялық құрамына байланысты адам организміне физиологиялық қолайлы әсер ететін ауыз су;

16) ыдыстарға құйылған ауыз суды тану рәсімі - ыдыстарға құйылған ауыз судың сапасы мен қауіпсіздігі сәйкестігін, сондай-ақ оларды өндірудің осы Техникалық регламенттің талаптарына сәйкестігін бағалау бойынша Қазақстан Республикасының құзырлы органы жүргізетін рәсім;

17) автохтонды бактериялар - осы ауыз сумен жабдықтау көзіне тән жерасты суында ылғи болатын, табиғи қалпына келтірілетін, оның ішінде бактериялардың ерекше физиологиялық топтарының жиынтығы;

18) ауыз судың физиологиялық толыққандылығын медициналық-биологиялық бағалау - олардың процесінде ауыз судың физиологиялық толыққандылығы мен оның қауіпсіздігі негізделетін ғылыми-эксперименталдық клиникаға дейінгі және клиникалық, оның ішінде гидрогеологиялық, физикалық-химиялық, микробиологиялық, санитарлық-гигиеналық, физиологиялық зерттеулер кешені;

19) медициналық қорытынды - ауыз судың физиологиялық толыққандылығын жүргізілген медициналық-биологиялық бағалау негізінде берілетін ауыз судың құрамы, сапасы, қауіпсіздігі мен адам организміне физиологиялық қолайлы әсер етуі туралы қорытынды

Өнеркәсіптік құюға арналған ауыз судың химиялық құрамының өңірлік ерекшеліктерін сипаттайтын көрсеткіштері халықтың санитарлық-эпидемиологиялық салауаттылығы саласындағы Қазақстан Республикасының заңнамасына сәйкес мемлекеттік санитарлық-эпидемиологиялық қадағалау органдары әрбір су көзі үшін жеке белгілейді.

Суда осы Техникалық регламентте көрсетілмеген өнеркәсіптік, ауыл шаруашылығы және тұрмыстық химиялық заттардың болуы шаруашылық-ауыз су және мәдени-тұрмыстық мақсаттағы су объектілерінің суындағы зиянды заттардың шекті рұқсат етілген шоғырлануының белгіленген нормативтерінен аспауға тиіс.

Тазартылған суды шығару үшін жерасты немесе жерүсті ауыз сумен жабдықтау көзінің суы, оның ішінде алынған тазартылған осы Техникалық регламенттің талаптарына толық жауап беру шартымен бастапқы судың физикалық-химиялық құрамы мен микробиологиялық сипаттамаларын елеулі өзгертетін, ыдыстарға құяр алдында суды дайындаудан өткен орталықтандырылған сумен жабдықтау жүйесінің суы қолданылады.

1-қосымша

**Қысқаша және мерзімдік талдау кезіндегі өндірістік
бақылау көрсеткіштері**

Көрсеткіш атауы	Талдау түрі	
	Қысқартылған (әрбір партияда)	Қысқартылған мерзімдік (айына кемінде бір рет)
Органолептикалық		
Иісі 200С-да	+	
Иісі 600С-да	+	
Дәмі	+	
Сутегі көрсеткіші	+	
Түсі		+
Тұнбалығы		+
Бактериологиялық		
37 ⁰ С температурада КМАФАнМ	+	
22 ⁰ С температурада КМАФАнМ		+
Жалпы колифорды бактериялар	+	
Глюкоза оң колиформды бактериялар	+	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		+
Органикалық ластану көрсеткіштері		
Перманганаттық тотығуы	+	
Реагенттердің болуы		
Озон	+	
Күміс	+	
Иодид-ион	+	

Фторид-ион	+	
Көміртегі диоксиді	+	

Суды баптау, яғни ішуге, шаруашылық және өндірістік қажеттерге жарамды қалпына келтіру үшін көптеген физикалық, химиялық, биологиялық әдістер қолданылады. Суды баптау дегеніміз, оны тек зиянды және керексіз қоспалардан тазартып ғана қоймай, құрамына жетіспейтін ингредиенттерді енгізіп байыту болып табылады.

Суға қойылатын негізгі талаптар мыналар: адам ағзасы үшін зиянды еместігі, жақсы органолептикалық көрсеткіші, шаруашылық қажеттерге жарамдылығы жатады. Табиғи сулардың сапасын жақсартып, қажетті тазалық деңгейіне жеткізу үшін мөлдірету, жұмсарту, тұссыздандыру, тұщыландыру, ауыр металдарды жою және зарарсыздандыру әдістері қарастырылды.

Суды өндеудің әдісін анықтау кезінде сумен жабдықтау үшін таңдап алынған су көзіндегі судың алдын-ала құрамы мен қасиетін біліп, оның тұтынушы талабына сай екендігін тиянақтап алады. Ол сумен жабдықтаушы су көзінің сапасын (химиялық және технологиялық талдаулардың мәліметтері), ҚР 3.01.067-97 жылғы «Ауыз суы. Ауыз сумен жабдықтаудағы орталықтандырылған жүйедегі судың сапасына гигиеналық талап. Сапаны бақылау» СанЕж/еН талаптарымен немесе тұтынушының технологиялық тәртібімен салыстыру кезінде анықталады.

Суды тазалаудың әдісі мен дәрежесі, тазалағыш ғимараттардың құрылымы мен құрамы әрқашан судың сапасына, оның ішінде табиғи судың сапасына қойылатын талаптарға байланысты.

Сумен жабдықтаудағы су көздерінің сапасын болжау мен бағалау өте жауапты іс болып табылады. Бұл істі дұрыс шешкенде, су тұтынудың өсуі мен технологиялық және санитарлық сенімділікке жауап бере алатын су мөлшерін алуға болады.

Ауыз суға деген талап, тұтынушылардың денсаулығына зияны тимейтіндей жағдайда орындалуы тиіс. Табиғи су көздерінің құрамында минералды, органикалық заттар және микроорганизмдер болады.

Табиғи су көздерінің құрамы тұрақты емес. Онда әрдайым тотығу, тотықсыздану, ауыр әрі ірі бөлшектердің тұнуы және судың өздігінен тазаруына әкелетін биохимиялық процестер болып тұрады.

Шаруашылыққа және ауыз суға қажетті судың сапасын арттырудың негізгі процестеріне мөлдірету, түссіздендіру, жаман иісті кетіру, темірсіздендіру, жұмсарту және тұссыздандыру, зарарсыздандыру, т.б. әдістер жатады.

Әдебиеттерге жүргізілген шолу нәтижесінде табиғи суды ауыз су ретінде даярлау үшін алдыға жұмыстың мақсаты мен зерттелетін тапсырмалар қойылды. Бұл әдістер техника-экономикалық тиімділігі жағынан ескеріліп, олардың қайсы бірін қолдансақта, ең алдымен табиғи судың сапасы мен сандық сипаттамаларын зерттеуді қажет етеді.

Судың химиялық құрамының компоненттері	Химиялық анализдердің қортындысы	Ауыз су сапасының ШРК
Na (мг/дм ³)	8,2-9,5	200,0
Ca (мг/дм ³)	140,28-181,3	-
Mg (мг/дм ³)	36,48-45,0	-
Жалпы кермектілік, мг-экв/дм ³	<u>10-11</u>	7
pH	7,4-8,0	6-9
Кұрғақ қалдық, (мг/дм ³)	662-880	1000
Co (мг/дм ³)	0,01-0,16	0,1
Mn (мг/дм ³)	<u>0,01-0,1</u>	0,1

Ni (мг/дм ³)	<u>0,06-0,2</u>	0,1
Zn (мг/дм ³)	0,1-0,59	1,0
Pb (мг/дм ³)	<u>0,014-0,17</u>	0,03

Нақты табиғи суларда сүзгі қабатымен қолданылатын сүзгілер жүйесі өте күрделі болып келеді. Сол себепті сүзу процесінің математикалық моделін пайдалану инженерлік есептеуде қиындықтар мен күрделілік туғызады. Осыған орай сүзу процесінің негізгі көрсеткіштерін анықтау мақсатында әр жеке жағдай үшін тәжірибелік зерттеудің технологиялық моделін пайдалану керектігі туындайды. Осы кезде процесті зерттеудің көп нұсқалы көрсеткіштерін таңдау қажеттігі туындамайды, тәжірибелік зерттеулердің ұзақтығы мен көлемі азайып, тиімді технологиялық тәртіп іздеу мүмкіндігі туады. Жүктеме ретінде цеолитті пайдаланамыз.

Суды цеолиттік жүктемеден сүзу кезінде ауыр металдардан тиімді бөліп алуға болады. Ауыр металдарды бөлуде сорбцияның химиялық түрі сияқты физикалық жолы да қажет.

Цеолиттер ионалмастырғыш, ал одан су қабаттарын бөлгеннен кейін адсорбциялық қасиет көрсетеді. Ол қабаттар мен каналдардағы нақты шығым мөлшерімен бірлесіп молекулалық тор мен селективті ионалмастырғыш қасиетін береді. Цеолиттердегі адсорбция қатты дене беті арқылы ерітіндіден кез-келген заттың сіңірілуі түрінде көрініс береді.

Барлық тәжірибелер бір сатылық және бір ағындық сүзудің суды жоғардан төмен алып келу тәртібінде жүргізілген.

Тәжірибелік зерттеулер келесі кезекпен жүзеге асырылды: сүзуші жүктеме түйіршіктерінің диаметрінің тұрақты болуы және сүзгінің тұрақты жылдамдығында сүзгі циклінің ұзақтылығы анықталды; сүзудің тұрақты жылдамдығында жүктеменің биіктігімен тегеуріннің жоғалуының бөлінуі

анықталды; сүзгіден өтуші жүктеменің түйіршіктерінің тұрақты диаметрінде тазалау нәтижелілігінің сүзу жылдамдығына тәуелділігі анықталды.

Сынамалардың барлық өлшемдері мен сұрыптаулары сүзгіциклдің басталуынан әр екі сағат сайын жүзеге асырылды. Осыған орай бүкіл сүзгіцикл уақытында судың қозғалу жылдамдығы тұрақтылығы сақталды. Әр тәртіпте сүзгіциклы сүзгілеуде ауыр металдар мен кермектік тұздарының концентрациясы байқалғанша үзілмеді. Белгілі бір анықталған тәртіпте зерттеу жүргізгеннен соң сүзгілер жуылып, келесі тәртіп орнады. *Альтернативті әдіс (әк - содалық)*. Өндірістігі 86,4 мың м³/тәу есептелген суды тазалау станциясының технологиялық сұлбасы суды тазалау мен өңдеудің келесі процестерін қарастырады: құйын тәріздес реакторлардан кермектік тұздарын жою, сонымен бірге цеолитті жүктемесі бар сүзгілерден ауыр металдардың ионын жою, СТЭЛ 10Н-120-01 сияқты құрылғылардың қолдануымен зарарсыздандыру (Аквахлор модификациясы). Бастапқы судың бір бөлігі 1161,36 м³/сағат, (яғни есеп бойынша судың 1/3 бөлігі) құйын тәріздес реакторға түседі, мұнда сонымен бірге әк, сода және темірдің күкірт қышқылды тұзы реагенттерінің ерітінділері қосылып, содан кейін араластырғышқа түседі. Араластырғыштан кейін судың барлық көлемі, (яғни 3600 м³/сағ бөлігі) сүзгіге түседі, онда ол цеолитті жүктеме қабатынан сүзіледі. Су сүзуден өткеннен кейін таза судың резервуарына құйылады. «Аквахлор» орныққан соң резервуарлардағы суды зарарсыздандыру үшін анолит ерітіндісі беріледі, 5-ші суретке сәйкес.

Жер асты суын тазалаудың ұсынылған технологиялық сұлбасы. Технологиялық сұлба су көлемінің 1/3 бөлігін өңдеуді қарастырады, яғни 1102 м³/сағат, өңделген судың кермектігі 0,2 мг-экв/л-ге жетеді. Онда судың

көлемінің қалған 2/3 бөлігін осы тәсілмен жұмсартылған сумен араластырып, тазарту соңында әдетте кермектігі 6-7 мг-экв/л болатын суды аламыз. Құрылыстың құрамында – натрий катионитті сүзгілер, жедел сүзгілер, таза судың резервуарлары, реагентті шаруашылық, сорғыш станция бар. Шығыны 1102 м³/сағат болатын су (су көлемінің 1/3 бөлігі) тегеурінді катионитті сүзгілерден өткеннен кейін таза су резервуарларына түседі, сонымен қатар судың қалған 2/3 бөлігі цеолиттік сүзгілерден өткеннен соң резервуарға беріледі, онда тазартылған сулар араластырылады, әрі қарай «Аквахлордан» анализ беріліп, су бір уақытта зарарсыздандырылады. Катиониттік сүзгілер әрдайым 8 % - дық NaCl ерітіндісімен регенерацияға түсуі қажет. Суды ауыр металл иондарынан тазалау және жұмсартуының екі нұсқасын қолдануының экономикалық бағасы тәсілдер, ұсыныстар және инструкциялар негізінде жасалған салыстырмалы экономикалық нәтижесі бойынша есептелген жағдаймен сәйкес өндірілді.

– кермектік тұздары мен ауыр металдарды жер асты суынан тазартудың әк-сода әдісінің сұлбасы алынды (альтернативті нұсқа);

– кермектік тұздары мен ауыр металдарды жер асты суынан тазартудың Na-катионитті әдісі алынды (ұсынылған нұсқа).

Сумен жабдықтау және канализация нысандарын салуға жұмсалатын қаржы әрбір ұсынылған сұлба бойынша ірілендірілген сметаға сәйкес бөлінді. Жер асты суларын тазалаудың екі нұсқасы бойынша негізгі техникалық-экономикалық көрсеткіштер тандап алынды.

2. Электролиз

Электролиз процессінің анализі жүргізілу үшін қажетті негізгі тапсырмалар келесі әдіспен анықталған болатын.

Электролиттік процестерді түсіну үшін, ең алдымен теориялық бөліммен танысу керек (ашылу тарихы, Фарадей заңы). Келесі кезеңде әртүрлі факторлардың электролиттің нәтижелі өнімдерінне әсері қарастырылады (санды және сапалы құрамы).

Шығынды электролиттің сапалы құрамының электролиз өнім құрамына экспериментальдік жолмен анықталу тәсілдеріне тоқталайық.

Сондай-ақ электролиздің түрлі салаларда, оның ішінде өндірісте қолданылуын қарастырамыз.

Тек өткен ғасырдың басында ғана заттардың ерітінділері мен балқымаларында болатын электрохимиялық процестерді зерттеудің ғылымдық бағыты- электрохимия пайда болды.

Электролиздің өндірістік қолданылуы XIX ғасырдың 70 жылдарында тұрақта электр тоқты қуатты генераторлардың пайда болуынан кейін ғана мүмкін болды.

Электрохимияны 70-ші жылдардың соңында ғана екі бөлімге бөле бастады: ионика және электродика. Ионика- электр өрісінің әсерінен зарядталған бөлшектердің жүрісін және электрөткізгіштік құбылысын зерттейтін бөлім, ал электродика электрод ерітінді (балқыма) шегі арқылы өтетін электр тогының электродтар бетінде жүретін құбылыстарды зерттейді.

Егер энциклопедиялық сөздікке көз салатын болсақ, келесі анықтамаға тірелеміз:

«Электролиз (грек тіліндегі electro және lysis- бөліну, ыдырау)- электрохимиялық тотығу- тотықсыздану процестерінің электрлік тогы өткен кездегі электролитке салынған электродтарға әсері.» электролиз электрохимиядағы ең маңызды бағыт болып табылатыны ескеру қажет, ол өз

кезеңінде электрохимия облысында маңызды жаңалықтардың ашылуына негіз болды.

Электролиттік деп заттарға электр тогының әсерінен болатын химиялық айналымдарды айтамыз.

Электролиз процесі барлық жағдайларда бірдей емес, ол бірқатар факторларға тәуелді болады- электролиттің табиғатына, электролиттік ваннаның типіне, электролиздік процестер өздерінің оптимизациясына.

Техникалық және қолданбалы электролизді ажыратады, ал ал электролиттік процестерді келесі түрде жіктейді:

металдардың балқымаларының алынуы.

гальваникалық қабаттардың алынуы

бейорганикалық заттардың алынуы (хлор, сутегі, оттегі, сілтілер және т.б.)

органикалық заттардың алынуы

металдардың тазартылуы (қола, күміс)

металдардың алынуы (магний, цинк, литий, натрий, калий, алюминий, т.б.)

металдар беттерінің өңделуі.

электорофорез көмегімен пленкалардың жабылуы.

электродиализ және судың тұзсыздандыруы.

Электролиздің мақсатты қолданылуы мынада жатады: оның көмегімен таза элементтің массалық үлесі жүз процентке ұмтылатын металдарды алуға болады. Ал натрий, никель, таза сутегі және басқалар тек осы метод арқылы алынады.

Сондай-ақ медь мен алюминийді көп жағдайда осы әдіс арқылы алады.

Электролиз зергерлік бұйымдарға алтын немесе күміс пленкасымен жабу үшін қолданылады. Осындай әдіспен бұл металдарды коррозиядан қорғайды.

Бүгінгі таңда электрохимиялық процестердің зерттелуі, оларға әсер ететін факторларды анықтау, электролиз процессінің өндірістік шараларда қолданудың жаңа түрлерінің анықталуы жүргізіліп жүр

Ең басты тапсырма болып, электролиз әдісін одан әрі дамыту, өнімділік пайдалы,ал электроэнергия шығындары минимальды болуы. Сонымен қатар

электролиз өнімінің саны мен сапасына әсер ететін түрлі факторларды ескеру қажет (электродтардың материалы, ток тыңыздығы, ток күші, электролит температурасы, т.б.).

Электролиз теориясы. Электролиз тұрақты токтың жүргізу энергиясы және электродтардағы химиялық айналымдардан бөлінетін энергия арқасында жүреді. Сондықтан, электролиз тек электр тогы жүретін орталарда өте алады. Электр тогының өткізгіштеріне назар аударайық.

Электролит деп, ерітіндісі арқылы өтетін токтың нәтижесінде жүретін химиялық процесті айтамыз.

Электр тогының өткізгіштеріне мыналар жатады: тұздардың, қышқылдардың, негіздердің сулы ерітінділері. Электр тогын өткізетін заттар мен ерітінділер электролит деген атқа ие болды.

Сонымен қышқылдар, негіздер және тұздар электролит болып табылады.

Токтың нашар өткізгіштері болып дистилдненген су, қанттың, спирттің, глицериннің сулы ерітінділері, сонымен қатар, қалыпты осмотикалық қысымды ерітінділер, соның ішінде, қышқылдар, тұздар мен негіздердің басқа сұйықтардағы ерітінділері жатады. Құрғақ тұздар және сусыз қышқылдар мен негіздер (қатты түрде) ток өткізбейді.

Электролиз кезіндегі энергия мақсатты өнімдердің қалыптасуы процесі жүйесінің гиббстік энергиясын арттуға жұмсалады және электролизер және электр жүйенің басқа аудандарындағы кедергі нәтижесінде болатын біртіндеп жылу ретінде ыдырайды.

Электролиз нәтижесінде катодта жаңа өнімдердің пайда болуымен электролит молекулалары мен иондарының тотығуы жүреді. Катиондар электрондарды қабылдап, тотықсызданудың төмен дәрежелі иондарға немесе атомдарға айналады.

Электролиз нәтижесінде анодта анод материалына жататын немесе электролитте болатын иондар немесе молекулалардың тотықсыздануы жүреді (анод ыдырайды немесе тотықсызданады).

Сол әдіспен, электролиздердің бастапқы өнімдері қышқылдар, негіздер және тұздардың алмасу реакциясы кезіндегі бөлшектері болып табылады, олар өзгермейді, бір заттан екіншісіне ауысады.

Электродтан бөлінетін өнімдерді зерттей отырып, қышқылдар, негіздер және тұздардың электролизі кезінде катодта әрқашан металл мен сутегі, ал анодта қышқыл қалдықтары мен кейін өзгерістерге ұшырайтын гидроксильді топтар бөлінетіні анықталды.

Электролиз кезіндегі процестерді дәлірек қарастырайық.

Бізге бірінші жақты өткізгіштер белгілі, оларда электр электрондар арқылы тасымалданады, ал екінші жақты өткізгіштерде электр иондар арқылы тасымалданады.

Электрондар иондармен бірінші жақты өткізгіштер екінші жақты өткізгіштермен шектесетін электр тізбегі бар жерлерде өзара әсерлеседі. Сол арқылы электрохимиялық процестер жүреді.

Бұл жүйе энергияның химиялық көзі деп аталады, егер бұл процесстер өзімен жүретін болса.

Егер олардың жүруі электр энергиясының қосылуымен шартталатын болса, онда электролиз жүреді.

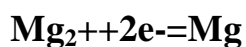
Электролиз кезінде электродтарда жүретін электрохимиялық процестер ең алдымен электрохимиялық жүйелерге сәйкес болатын электродтық потенциалдар қатынасына тәуелді болады.

Бірнеше мүмкін болатын процестерден минимальды энергия шығыны болатыны жүреді.

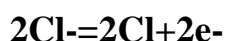
Бұл катодта ең көп электродты потенциалы болатын электрохимиялық жүйелердің тотықсызданған формаларының тотықтануы жүреді, ал анодта ең аз электродты потенциалы болатын жүйелердің тотықтанған формалары тотықсызданады.

Енді магний хлориді балқымасы мысалында электролиз процессін қарастырайық.

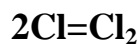
Егер $MgCl_2$ балқымасы арқылы ток өткізетін болсақ, магний катиондары теріс ішкі тізбек арқылы келетін электрондармен өзара әсер ететін электродтарға қарай тартылады.



Ал хлор аниондары электр тогының әсерінен оң электродқа қарай тартыла бастайды, артық электрондарды бере отырып және тотықсызданады. Сонымен хлор иондарының тотықсыздануы- электрохимиялық кезең бастапқы процесс болып келеді.



Келесі процесс – хлор атомдарының молекулаларына өзара байлануы жүреді.



Енді балқыманың электролиз кезіндегі тотығу-тотықсыздану реакциясының электродта жүретін процестер теңдіктерін қоса алғанда жалпы теңдеуін аламыз.



Электролит иондарынынан басқа кез келген сулы ерітіндіде судың диссоциация өнімдері болатын иондар болады – H^+ және OH^- . Судың молекулалары да берілген шарттарда электрохимиялық тотығу-тотықсыздануға ұшырайды.

Электролит катиондары сутегі катиондары сияқты катодта разрядталады. Және аналогия бойынша, анодта электролит аниондарының және гидроксид иондарының разрядтары жүреді.

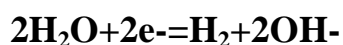
Сулы ерітінділердің электролизі кезінде катодты процестерді қарастыра отырып сутегі иондарының тотығу процессіндегі потенциал мөлшерін ескеру қажет. Бұл потенциал сутегі иондарының концентрациясына тәуелді болады және бейтарап ерітінділер жағдайында ($pH=7$) мына мәнге ие болады:
 $\varphi = -0,059 \cdot 7 = -0,41В.$

Бейтарап ерітіндіде катодтан металдың электролиті кезінде және $-0,41В$ ке карағандағы электродты потенциалы оң болатын металл бөлінеді.

Ал электролит жағдайында, потенциалы $-0,41\text{В}$ ке қарағанда теріс потенциал болатын металдар тотықтанбайды, сутегінің бөлінуі жүреді.

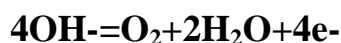
Ал егер металл потенциалы $-0,41\text{В}$ көрсеткішіне жақын болса (орта қатардың металдары – Zn, Cr, Fe, Ni), электролиз шарттарына және ерітінді концентрациясына байланысты металдың тотығуымен қатар сутегінің бөлінуі мүмкін; металл мен сутегінің бірқатар бөлінуі көп кездеседі.

Сутегінің қышқыл ерітінділерінен электрохимиялық бөлінуі сутегі иондарының разрядталыну нәтижесінде пайда болады. Бейтарап немесе сілітілі орталар жағдайында ол судың электрохимиялық тотығуының нәтижесі болып келеді:

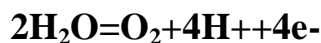


Сонымен, сулы ерітінділердің электролизі кезінде катодты процестердің мінезі ең алдымен кернеу қатарындағы сәйкес металдың орналасуымен анықталады. көп жағдайда ерітіндінің рН ,металл иондарының концентрациясы және электролиздің басқа шарттары маңызды болады. Анодты процестерді қарастырған кезде анодтың материалы электролиз кезінде тотығу мүмкіншілігін ескеру қажет. Осыған байланысты инерттік анодпен электролиз және активті анодпен электролиз деп ажыратады. Активті анод деп, материалы электролиз кезінде тотыға алатын анодты айтады. Инертті анод материалы негізінде көбінесе көмір графитін немесе платинаны қолданады. Инертті анодта сілтілердің сулы ерітінділерінде, құрамында оттегі болатын қышқылдар және оның тұздары, сонымен қатар, фторлысутекті қышқылдар және фторидтердің электролизі кезінде судың оттегі бөлу арқылы электрохимиялық тотықсыздануы жүреді.

Ерітіндінің рН на байланысты бұл процесс әртүрлі жүреді және әр түрлі теңдеулермен жазылуы мүмкін.



Ал қышқыл немесе бейтарап ортада



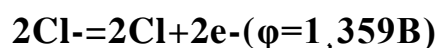
Қарастырылып отырған жағдайларда судың электрохимиялық тотықсыздануы энергетика жағынан ең пайдалы болып келеді. Құрамында оттегі болатын аниондар не тотыға алмайды, не тотығу процесі өте жоғары потенциалдарда өтеді. Мысалы, SO_4^{2-} ионы тотықсыздануының стандартты потенциалы



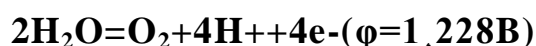
2,010В ке тең, су тотықсыздануының стандартты потенциалын біршама арттырады. (1,228В).

F ионы тотықсыздануының стандартты потенциалыодан үлкен көрсеткішке ие (2,87В).

Сулы ерітінділердің оттегісіз қышқылдары және олардың тұздарының анодтағы электролизі кезінде аниондар разрядталады. Көбінесе, HI , HBr , HCl ерітінділері және олардың тұздарының электролизі кезінде анодта сәйкес галоген бөлінеді. HCl және оның тұздарының кезінде хлордың бөлінуі жүйелердің орналасуын кері тұжырымдайды



және

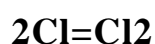
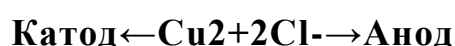


стандартты электродты потенциалдар қатарында. Бұл аномалия аса маңызды екі электроды процесстердің біреуінің кернеуінің тым жоғары болып кетуіне байланысты- анодтың материалы оттегі бөліну процессіне тежеулі әсер етеді.

Ал активті анод жағдайында бәсекелесетін тотқсыздану процестердің саны үшке дейін өседі: судың оттегі бөлінуімен электрохимиялық тотықсыздануы, анионның разрядталуы (яғни оның тотықсыздануы) және анод металының электрохимиялық тотықсыздануы (металдың анодтық еруі деп те атайды). Бұл мүмкін болатын процесстерден тек энергетикасы жағынан ең пайдалысы ғана жүреді. Егер анод металы стандарттық потенциалдар қатарында басқа екі электрохимиялық жүйелерден ертерек орналасқан болса, металдың анодтық еруі байқалады. Кері жағдайда оттегінің бөлінуі немесе анионның разрядталуы жүреді. Сулы ерітінділердің электролизінің бірнеше типтік жағдайларын қарастырайық.

CuCl_2 ерітіндісінің инертті анодпен электролизі. Қола керну қатарында сутектен кейін орналасқан; сондықтан катодта Cu^{2+} иондарының разрядталуы және металдық қоланың бөлінуі жүреді. Анодта хлорид-иондар разрядталады.

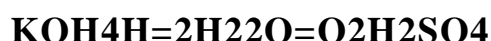
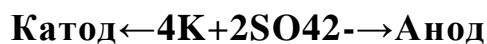
Қола хлориді (II) ерітіндісінің электролиздік сұлбасы.



K_2SO_4 ерітіндісінің инертті анодпен электролизі. Калий кернеу қатарында сутегіден біршама ерте орналасқандықтан, катодта сутегінің бөлінуі және OH^- жиналуы болады. Анодта оттегінің бөлінуі және H^+ иондарының жиналуы жүреді. Сонымен қатар катодты кеңістікке K^+ иондары жиналады, ал анодтікіне- SO_4^{2-} иондары. Сол арқылы

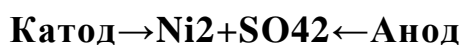
ерітінді барлық жағынан электрбейтарапты болып қалады. Алайда катоды кеңістікте сілті жиналады, ал анодта-қышқыл.

Калий сульфаты ерітіндісінің электролизінің сұлбасы:



NiSO₄ ерітіндісінің никельді анодпен электролизі. Никельдің стандартты потенциалы (-0,250В) -0,41Вден кішкене артық; сондықтан NiSO₄ бейтарап ерітіндісінің электролизі кезінде катодта негізінен Ni²⁺ иондарының разрядтары және металдың бөлінуі жүреді. Анодта кері бағытта процесс жүреді – металдың тотықсыздануы, никельдің потенциалы судың тотықсыздану потенциалынан әлдеқайда аз. Сол арқылы, берілген жағдайда электролиз анод металының еруі мен оның катодта бөлінуіне әкеліп соғады.

Никель сульфаты ерітіндісінің электролиз сұлбасы:



Бұл процесс никельдің электрохимиялық тазартылуы кезінде қолданылады. Фарадейдің бірінші заңы. «Электр тогының электролит ерітіндісі арқылы өткендегі электродта бөлінетін зат массасы электр көлеміне тура пропорционалды болады». $\Delta m = k \cdot Q$

Мұндағы Δm -реакцияға түскен заттың мөлшері; Q - электр мөлшері; k_e - электр мөлшерінің бірлігіне қанша зат әсер еткенін көрсететін пропорционалдық коэффициент.

k мөлшері электрохимиялық эквивалент деп аталады.

$$k = M / (N_a z |e|)$$

мұндағы z ион валенттілігі; M электродта бөлінген заттың молярлық массасы; N_a Авогадро тұрақтысы, $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Фарадейдің екінші заңы.

Фарадейдің екінші заңы бойынша, өткен электрдің берілген мөлшерінде реакцияға түскен заттардың массаларының қатынасы олардың химиялық эквиваленттерінің қатынасына тең:

$$\Delta m_1 / A_1 = \Delta m_2 / A_2 = \Delta m_3 / A_3 = \text{const}$$

Элементтің химиялық эквиваленті сутегінің бір атомдық массасын немесе оттегінің жарты атомдық массасын қосатын немесе алмастыратын химиялық қосылыстарда $1/12$ атом массасының ^{12}C болатын элемент бөлшегі массасы қатынасына тең. «химиялық эквивалент» түсінігі қосылыстарға қолданылады. Солай, қышқылдың химиялық эквиваленті сан бойынша оның молярлық массасының негізіне бөлінуін айтамыз (сутегі иондарының саны), негіздің химиялық эквиваленті-оның молярлық массасының қышқылдығына бөлінуін (бейорганикалық негіздерде- гидроксильді топтардың санына), тұздың химиялық эквиваленті- оның молярлық массасының катиондар немесе аниондар зарядтарының қосындысына қатынасы болып табылады.

Электролиз процессіне әсер ететін факторлар. Электролиз эффектілігін келесі факторлар қатарымен баға береді: ток күші, кернеу,

ток тығыздығы, ток көзінің ПӘКі, ток шығыны, зат бойынша шығыны, электрэнергияның ПӘКі, алынған өнімнің бірлігіне кетірілген электр энергиясының шығыны.

Электролизердегі ток күші мен кернеулік оның өнімділігін сипаттайды. Электролизер арқылы өтетін ток күші неғұрлым көп болса, берілген электролизердің эксплуатациясы кезінде соншалықты көп өнім алуға болады. Жақында қуатты электролизерлердің жасалу тенденциялары байқалуда. Олар ондаған және жүздеген мың Амперге саналған (хлор, алюминий және т.б. өнімдері) электролизердегі кернеу бірнеше ұұрамдастардан тұрады:

$$U=e_a-e_k+\Delta e_a+\Delta e_k+e_{эл.}-e_{диафр.}+e_{конт.}$$

Мұндағы U - жарлықтағы жалпы кернеу; e_a және e_k – анодты және катодты реакциялардың тепе теңдік потенциалдары; $e_{эл.}$ және $e_{диафр.}$ – электролит және диаграммадағы кернеудің кемуі; $e_{конт.}$ - байланыстағы кернеудің кемуі. e_a-e_k қосындысы ыдырудың кернеуі деп аталады. Бұл өлшем электролизге кеткен заттардың ішкі энергиясының өзгеруіне ұшырайтын электроэнергияның мөлшерін көрсетеді.

Электролиз кезінде поляризация және осмикалық кернеу балансының күйі мөлшерінен жарлықтағы кернеулер кемуге тырысады. Ыдырау кернеуі әсер етуші заттың табиғатына шартталған, сондықтан өзгере алмайды. Δe_k мен Δe_a мәндері араластыру, электролит температурасын арттыру, электрод бетінің күйін өзгертуі және бірқатар факторлардың әсерінен электродта өтетін электрохимиялық реакцияның түріне байланысты өзгере алады.

$R = \rho l / S$ теңдеуі арқылы берілген электролиттегі кернеудің кемуін (мұндағы ρ - электролиттің шекті тежеуі; Ом·см, l - электродтардың арасындағы арақашықтық, см (диаграмманы есептемегенде); S - электр тогы өтетін электролиттің көлденең қимасының ауданы, см², ол электродтардың жылжытылуы, ерітіндіге электр терістігі мол қосылыстарды қосу, температураның арттыру арқылы кішірейтілуі мүмкін. Егер электролиз газ бөлінумен қатар жүрсе, жоғарыда көрсетілген теңдеу әрқашан кернеудің электролитте кемуіне сәйкес болмайды. Оның мазмұны электродтағы газ көпіршіктері электролиттің активті қимасын S азайтады және токтың бірінші электродтан екіншісіне дейінгі жолды ұзартады. Бұл құбылыс газдытолтырылу деп аталады, оны берілген моменттегі көпіршіктің алып жатқан көлемінің жалпы электролиттік жарлықтың көлеміне қатынасын айтуға болады. Газдытолтырылудың электролиттің электрөткізгіштігіне әсерін келесі теңдік арқылы анықтауға болады:

$$\rho / \rho_0 = 1 - 1.78\phi + \phi^2$$

мұндағы ρ және ρ_0 электролиттің жалпы және газдытолтырылған электролиттің шекті кедергісі; ϕ - газдытолтырылу. ϕ – дің мөлшері температураның арттыруымен, сонымен қатар жарлықтан газдарды еркін жоятынын қамтамасыз ететін арнайы электродтардың құрылғысы арқылы азайтуға болады.

Диафрагмадағы кернеудің кемуі диафрагманың электролиздегі рөлі жайлы сұрақты шешу кезінде анықталды. Байланыстардағы кернеулердің төмендеуі жайлы айтатын болсақ, бөл мөлшер байланыстардың дамығандығынан, әсерлесуші беттердің тазалығынан

тәуелді. Электродтық байланыстардың көптеген шешімдері бар. Кернеудің пайдалану әсер коэффициенті депыдырау кернеуінің жалпы кернеуге қатынасын айтамыз: $\eta_{\text{керн}} = (e_a - e_k) / U$

ток тығыздығы деп, электролит арқылы өтетін токтың электрод бетінің мөлшеріне қатынасын айтамыз; $A / \text{см}^2$ (дм^2 , м^2). өндірісте токтардың әртүрлі тығыздықтарымен жұмыс істейді- бірнеше жүз $A / \text{см}^2$ тан (гальваностегия, гидроэлектрометаллургия, Хлор өндірісінде) бірнеше мыңдаған $A / \text{см}^2$ ке дейін. Ток тығыздығының мөлшері электродты беттің бірлігінен, яғни электролизер өнімділігінен алынатын өнім мөлшерін сипаттайды. Сондықтан, ток тығыздығының арттырылуы электролиз өнімінің ешқандай шығынын келтірмейтін болса, ток тығыздығының максималды мүмкіндіктерімен жүргізілетін процестерге ұмтылады. Алайда, ток тығыздығының қалыпты мәнін таңдаған кезде, кейбір жағдайларда электролизге кеткен электрэнергиясының шығынының артуы нәтижесінде кернеудің ток тығыздығының артуы болады. Электролиз кезінде электролит арқылы жіберілетін ток бірнеше параллельді электрохимиялық реакцияларға шығындала алады. Мысалы, сулы ерітінділердің электролизі кезінде электрохимия тотығу тотықсыздану реакцияларына сәйкесінше анодта және катодта бөлінетін судың O_2 және H_2 ге ыдырауы қатар жүреді. Криолитқарабалшықтың балқымасының электролизі кезінде ток берілген жағдайларда тек алюминийдің бөлінуіне ғана шығындалмайды, сонымен қатар катодта металл натрийдің жиналуына кетеді. Сонымен, электролит арқылы жүргізілетін ток берілген анодта бір уақытта өтетін бірнеше процестерге таралады: $I = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n$

Мұндағы I- электролизер арқылы өтетін ток; i_1 және i_2 электролиттің реакциясының бірінші және екінші бірлігіне шығындалған ток.

Электролизер арқылы өткізілген электр мөлшерінің қолданылуының тиімділігін ескеру үшін ток шығыны деген түсінігі енгізіледі.

Ток бойынша шығын- кез келген электр көлемін алу үшін телориялық қажетті электр мөлшерінің практикалық шығындалған электр көлеміне қатынасы. Қажет емес электрохимиялық реакцияларға кететін энергияны азайту үшін электролизді ерітіндінің ыдырауы қиын болатын жағдайларда жүргізуге тырысады. өйткені еріткіштің тотығу тотықсыздану поляризациясы мүмкіндігі жоғары болады (мысалы сутегінің немесе оттегінің кернеуінің тым артуы). Бұл ток тығыздығының артуы, электролит температурасының өзгертуі, электролит материалының таңдалуымен нәтиже береді.

Зат бойынша шығын- электрохимиялық реакция нәтижесінде алынған өнім мөлшерінің теория бойынша пайда болатын зат мөлшеріне қатынасын айтамыз. Электроэнергия жұмсалудың ПӘКі (энергия бойынша шығын)- зат мөлшерінің бірлігі алыну үшін қажетті электроэнергия мөлшерінің практика бойынша шығындалған энергия мөлшеріне қатынасын айтамыз. Теория бойынша қажетті электроэнергия мөлшері – егер процесс кернеу бойынша 100%-ті ток күшінің шығынымен жүргендегі зат мөлшерінің бірлігі алыну үшін қажетті мөлшері. Сонымен, энергия бойынша шығын мына формула арқылы анықталады. $\eta_z = \frac{W_{\text{п}}}{N} = \eta_{\text{ток}} \cdot \eta_{\text{кернеу}}$

ток бойынша шығын h және зат бойынша, электроэнергия пайдаланудың ПӘКі $h_{\text{кern}}$ көбінесе процентте есептейді.

Электрэнергия шығынын көбінесе өндірілген зат мөлшерінің бірлігіне теңестіреді, Вт·сағ/кг немесе кВт·сағ/т өлшенеді. Тұрақты ток электрэнергиясының 1т электролизбен өндірілген өнімге кеткен шығымын есептеу үшін келесі формуланы қолдануға болады:

$$W=1 \cdot 10^6 \cdot U \cdot k \eta_{\text{ток}} \cdot 1000$$

Мұндағы W-тұрақты ток электрэнергиясының шығыны кВт·сағ/т; U-электролизердегі кернеу, В; k-электрохимиялық эквивалент, грамм/а·г; $\eta_{\text{ток}}$ ток-ток бойынша шығыны, бірлік мөлшері; 1000-айналдыру коэффициенті, Вт·сағ тан кВт·сағ қа. Айнымалы токтың өндірілген өнімнің бірлігіне кеткен электрэнергия шығымын тұрақты ток энергиясы шығымы айнымалы токтың тұрақтыға айналу кезіндегі коэффициент мөлшеріне қатынасымен анықталады. электролит балқымасы немес ертінің арқылы электр тогының өткізілуі уақыт аралығында және пайда болатын және шығындалатын зат мөлшері аралығында Фарадей заңдарымен анықталатын қатаң қатынастар болады.

Анодта және катодта өтетін электролиз өнімдерінің әрекеттесуін тоқтату кездерінде электролизер ішіне көпіршікті қалқа кіргізіледі-диафрагма, оны минимум екі электродты кеңістіктерге – анодты, катодты етіп бөледі. Анодты кеңістікке құйылатын ерітіндіні анолит, ал катодты кеңістікке құйылатын ерітіндіні католит деп атайды. Диафрагмалар орнатылған және фильтрлейтін болып бөлінеді. Орнатылған диафрагмаларда диффузиондық кедергілер болу керек және олар электролит иондары үшін ғана селективті өткішті болу керек, сонымен бірге олар электролиз өнімдерін тежемеуі қажет. Фильтрлейтін диафрагмалардың диффузиондық кедергісі төмен

болғандықтан, оларды электролизді кері бағытта- электролит бір электродты кеңістіктен келесіге диафрагма арқылы иондар қозғалысы бағытына қарама қарсы көшкен кезде қолданылады. Диафрагмалар көлемді көпіршіктенуімен, өткізгіштігімен, электр кедергісімен сипатталады. Диафрагманың көлемді көпіршіктенуі көпіршіктер көлемінің мөлшерінің жалпы диафрагма көлеміне қатынасымен сипатталады, мына теңдікпен анықталады: $g = 1 - d_{\text{каж}} / d_{\text{ист}}$

мұндағы $d_{\text{каж}}$ - диафрагманың тұжырымды тығыздығы, $d_{\text{ист}}$ - шын тығыздығы. Диафрагманың өтімділігі – p диафрагманың ауданына, бетіне, қалыңдығына, гидростатикалық қысымына h және өту уақытына тәуелді болады. $p = kShr / \delta \eta$

мұндағы k - өтімділік коэффициенті, диафрагманың берілген типіне сипатты мөлшері. Диафрагманың электрлік кедергісі R келесі қатынастан анытай аламыз: $R = \rho \delta \beta / gS$

Мұндағы δ көпіршіктердің бұралаңдануының коэффициенті, көпіршіктің ұзындығы диафрагма ұзындығынан неше есе кем екенін көрсетеді. Диафрагмалар электролиз жағдайында мықты химикалық тұрақтылыққа және механикалық беріктілікке ие болу керек. Диафрагма жасалатын зат болып асбест, керамика, пластмаса болып келеді. Кейбір жағдайларда, мысалы, балқымалардың электролизі кезінде металдық диафрагмалар қолданылады. Соңғы жылдары электролиз процессінен тек бір зарядтың ионы (катион немесе анион) үшін енетін ионитті диафрагмалардың таралуын алады. Электролиз өнімдерінің өзара әсерлесуіне ғана кедергі етпей, электродтарда өнімдердің тотығу

тотықсыздануын болдырмайды. Осындай жағдайларда не орнатылған, не ионитті диафрагмаларды қолданылады.

Электродты потенциал құбылысы. Егер металды суға салатын болсақ, оның катиондары сұйықтыққа өте бастайды. Катион бетінде электр зарядының болуына байланысты метал бетінде өлшемі бойынша тең, таңбасы бойынша қарама қарсы болатын заряд артық электрондар түрінде жүреді, яғни металл беті теріс зарядталған болады. Ол өзіне металдың ерітіндіге өткен оң зарядты иондарын біртіндеп тарта бастайды, сол арқылы катиондар ерітінді көлеміне еркін өте алмайды. Сондықтан, металл мен ерітінді шекарасында теріс жағы металл беті, ал оң жағы еріген иондардың жанасу қабаты болып келетін жазық конденсатор тәрізді жұп электрлік қабат түзіледі. Иондардың аз мөлшері ерігеннен кейіннен ақ жұп қабаттың заряды соншалықты өседі, металдың балқуы тоқталады.

Егер металл суға емес, өзінің иондарының ерітіндісіне салынған болса, (мысалы, Zn ті ZnSO₄ ке салғанда), онда бұл процесс біршама өзгеше болады. Егер ерітінді концентрациясы аз болса, онда жұп электрлік қабаттың түзілуі металдың судағы ерітіндісіндегідей өтеді.

Егер ерітіндіде иондар концентрациясы жоғары болса, онда алдымен металл бетіндегі оң зарядталған катиондардың тұнбаға түсуі байқалады. Енді металл беті өзіне теріс иондарды тарта бастайды және жұп электрлік қабат түзіледі. Катиондар металдың бір таңбалы заттарының және оның иондарының ары қарай тұнбаға түсуі тоқталатынға дейін катиондар тұнбаға түседі.

Екі теріс таңбалы зарядталған денелер болғанда олардың арасында потенциалдар айырмасының болатыны белгілі. Бұндай потенциалдар айырмасы мұнда да, жұп электрлі қабатта, металл-ерітінді шекарасында байқалады. Иондардың металдан ерітіндіге және қайта өтуі олардың арасында потенциалдар айырмасын тудырады. Металл-ерітінді жұбын электрод деп айту қабылданған. Бұл жағдайда потенциал электродты деп аталады. Электродты потенциал неге тәуелді болады? Оны өлшеуге бола ма және қалай? Осы сұраққа жауап бере отырып, электрохимиктер бізге Нернст теңдеуін береді: $\varphi = \varphi_0 + \frac{RT}{nF} \cdot \lg[Me^{n+}]$

мұндағы φ - электродты потенциал; $[Me^{n+}]$ - металл иондарының концентрациясы, моль\л; T - абсолют температура; n - металл иондарының валенттілігі; φ_0 - стандартты электродты потенциал; F - Фарадей саны ($F=96500$ Кл). Осы теңдеудегі ең маңызды өлшем-стандартты электродты потенциал φ_0 . Оның физикалық мәні анық болады, $[Me^{n+}]=1$ моль\л. Онда теңдеудің екінші мүшесі нөлге тең болады. Яғни, стандартты электродты потенциал дегеніміз, соңғы 1 моль\л концентрациясы үшін металл мен ерітінді иондарының шекарасында өтетін потенциалды айтады. Бұл электродтың ең негізгі сипаты болып табылады. Нернсттің теңдеуі әрбір электродтың электродты потенциалы әр түрлі өзгерістерге ұшырай алады. Оны ерітінді концентрациясына тәуелді болатын теңдеудің екінші мүшесі растайды. Енді мынадай сұрақ туындайды, электродты потенциалды қалай өлшеуге болады? Егер екі электродты қосатын болсақ гальваникалық элемент пайда болатыны бізге мәлім. Бұл элементтің кернеуі оның екі құрамдас электродының потенциалдар айырмасына

тең болады. Егер бізге бір электродтың электродты потенциалы белгілі болса, біз екіншісінің электродты потенциалын анықтай аламыз. Қиыншылықтың барлығы мынада жатыр: бір электродты потенциалдың мәнін білу қажет. Сутекті стандартты электродтың потенциалы нөлге теі деп қабылданған. Сутекті электрод платинадан жасалған және күкірт қышқылы ерітіндісіне батырылған (концентрация $H^{+} = 1$ моль/л). Электрон беті кедір бұдырлы, әрі үлкен. Газ тәрізді сутегінің ағымы электродқа бірқалыпты жабысады. Сутегі платиналық электродтың бетімен жанасады, біртіндеп жиналады, H_2 бір бөлігі сутегу атомдарына ыдырайды. Платинада түзілген сутегі атомдары мен ерітіндідегі сутегу иондары арасында тепе теңдік орнайды. Металл-ерітінді шекарасында электрохимиктер нөл деп алатын потенциалдар айырмасы пайда болады. Әрине, шынында бұл потенциал нөлге тең емес, бірақ оның мәні бізге беймәлім. Сондықтан сутектік стандартты электродтың көмегімен электродты потенциалды анықтау сипаты қатынасты болып келеді; біз оны сутектік стандартты потенциалдың шартты алынған нөл мәні етіп анықтаймыз.

Электролиттік процестерді сипаттау. Электролиз белгілі электр өрімінің қатысуымен байланысты, оның әсерінен электролитте оған тән процессте жүруі мүмкін. Электро кинетикалық процесстер бір фаза басқасымен диспергирленгенде жүреді; олардың қатарына электрофорез- сұйық ішінде өлшенген қатты бөлшектердің қозғалысы. Электр өрісінің ішінде электроосмос құбылысы байқалады- қатты денеге қатысты сұйықтың қозғалысы. Электролиз аппараты электролизер немесе электролиттік ванна деп аталады. Электролизердің

карапайым сұлбасы 1 суретте көрсетілген. Электролизердің корпусын керамика, пластмасса, шыныдан немесе болаттан жасайды. Коррозия немесе жоғары температуралардан қорғалу үшін электролизер корпусын кейде гумреирлейді, пластмассамен, коррозияға тұрақты металдармен қаптайды. Белгілі жылулық режимді қалыпта ұстау үшін кейбір жағдайларда теплоизоляциямен қамтамасыз етеді. Катодтарды дайындау үшін болат, түрлі түсті металдар, сынап, қорғасын, цинк, калайы, қола, алюминий, металдардың балқымалары, көмір немесе графит қолданылады. Анодтар еритін және ерімейтін болады. Еритін анодтарды жоғары айтылып өткен түсті металдардан, көміртекті болаттан, кейбір басқа балқымалардан, ал ерімейтін анодтар болаттан, графит немесе көмірден, никельден, тотталмайтын болаттан жасайды, кейбір жағдайларда жұқа қабаты бағалы металдан жасалған биометалды анодтарды қолданады, ол мысалы қорғасынның ток өткізгіштік негізіне берілген жағдайда берілген электролитте инертті болатын басқа металл үстіне жабылады. Электродтың материалы көптеген факторларды ескере отырылып таңдалады- электролиздің бастапқы және нәтижелі өнімнің табиғатына, процесс жүргізу жағдайларына, т.б. байланысты.

Минералды немесе органикалық қышқылдар, тұздар және олардың қосылыстары электролиттер бола алады. Кейбір жағдайларда электролит электрохимиялық тотығу тотықсыздану өнімі ретінде бірқатар шығынды зат болып келеді, басқа жағдайларда, ток өткізгіш қосымша зат болып келеді. Электролитер үшін еріткіштер болып сулар, спирттер, пиридин, диметилформальдегид, ацетонитрил және басқа да

органикалық қосылыстар немесе олардың қоспалары бола алады. Электролизді еріткішсіз де өткізуге болады, электролит балқымаларында немесе электролит қоспаларында.

Хлор мен натрий мысалындағы техникалық электролиз.

Сулы ерітінділердің техникалық электролизі металдардың бөлінуінсіз немесе олардың катодта бөлінуімен жүре алады. Электрохимиялық процесстердің арасында сулы ерітінділердің металл бөлінуінсіз ыдырауы натрий хлоридінің сулы ерітіндісі мысалында көрсетеміз.

Хлорид натрий сулы ерітіндісінің электролизі. Хлорид натрий сулы ерітіндісінің электролизі кезінде хлор, сутегі, каустикалық соданы аламыз.

Хлор- атмосфералық қысым және қалыпты температура кезінде сары-жасыл түсті нашар иісті газ. Атмосфералық қысымда қайнау температурасы $-33,6^{\circ}\text{C}$, қату температурасы -102°C . Хлор суда, органикалық еріткіштерде ериді және өте жоғары химиялық активті болып келеді. Хлор ең алдымен химиялық өндірісте әртүрлі органикалық хлорөндірушілерді: пластикалық массаларды, синтетикалық каучукты, химиялық талшықтарды, еріткіштерді, инсектицидтерді, т.б. алу үшін қолданылады. Қазіргі кезде дүниежүзілік хлор өндірісінің 60%-і органикалық синтез үшін қолданылады. Соған қарамастан хлор тұзды қышқылды, хлор әктасын, хлораттарды және т.б. өндіру үшін қолданылады. Хлордың көптеген мөлшерлері металлургияға полиметалдық рудаларды өндегенде, рудалардан алтынды бөліп алу үшін, мұнай өндіру саласында хлорлирлеу үшін

қолданылады, солай да медицина мен санитарияда, суларды зарасыздандыру үшін, пиротехникада және т.б. көптеген халық шаруашылық салаларында қолданылады. Хлорды пайдалану салаларының кеңейтілуі нәтижесінде, органикалық синтезде атқарылған еңбектер арқасында, дүниежүзілік хлор өндірісі жылына 20 млн тонн құрайды. Каустикалық сода немесе улы натрий- мөлдір емес кристалды зат, суда жақсы ериді, атмосфера қысымында балқу температурасы 328°C болады. өндірісте қатты улы натр және оның сулы ерітінділері өндіріледі. Улы натр өндірістің көптеген салаларында кең қолданылады-целлюлоз-қағазды, химиялық талшықтар, мұнайөндіруші, органикалық синтез, лак сырлы тағы көптеген қатар салаларда қолданылады. Сутегі- газ, атмосфера қысымындағы қайнау температурасы $-252,8^{\circ}\text{C}$. Сутегіні көптеген маңызды органикалық және бейорганикалық өнімдерді синтездеу кезінде қолданылады: аммиак, метанол және басқа спирттер, майлардың, қатты және сұйық отынның гидрогенизациясы, мұнай өнімдерін тазарту кезінде қолданылады.

Хлор мен сілтілер өндірісінің шикізаты ретінде, ең алдымен қатты тұздың ерітіндісінен алынатын ас тұзының ерітінділері, немесе табиғи тұздар бола алады. Ас тұзының ерітінділері олардың алыну жолына қарамастан, кальций және магний қоспаларынан тұрады, электролиз цехтарында бұл тұздардан тазартуға ұшырайды. Бұл тазарту не үшін қажет? Электролиз процессінде нашар еритін кальций мен магний гидроксидтері түзілуі мүмкін, кейін олар электролиздің қалыпты жүрісін бұзады. Химикалық тазартудан басқа, ерітінділерфильтрацияның механикалық қоспаларынан ажыратылады.

Ас тұзы ерітіндісінің электролизі қатты темір немесе болат катодпен ванналарда және ванналарда сұйық сынапты катод пен диафрагмалармен жүргізіледі. Қазіргі үлкен хлорлы цехтардағы жабдықтар қолданылатын өндірістік электролизерлер жоғары өнімділікті, қарапайым конструкциялы, компактті болып, сенімді жұмыс істеу керек. Натрий хлориді ерітіндісінің болатты катод және графитті анодпен ваннадағы электролизі улы натр, хлор, сутекті бір электролизерде алуға мүмкіншілік береді. Натрий хлоридінің сулы ерітіндісі арқылы тұрақты токтың өтуі кезінде хлордың және оттегінің бөлінуін күтуге болады: $2\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightarrow \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (а)

Немесе $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}_2$ ОН разрядының қалыпты электродты потенциалы +0,41 В құрайды, ал хлор иондарының разрядының қалыпты қалыпты электродты потенциалы +1,36 В құрайды. Натрий хлоридінің қаныққан бейтарап ерітіндісінде гидроксильді иондардың концентрациясы $1 \cdot 10^{-7}$ г- экв\л. 25⁰С температурада гидроксильді иондардың тепе теңдік потенциалы $\varphi_{\text{р}} = 0.82$ В болады. хлор иондарының разрядталуының тепе теңдік потенциалы NaCl концентрациясының ерітіндідегі 4,6г-экв\л $\varphi_{\text{р}} = 1,32$ В болады. Сәйкесінше, анодта кішкене кернеумен ең алдымен оттегі разрядталуы керек. Алайда, графитті анодтарда оттегінің кернеуінің асырылуы хлор кернеуінен жоғары, сондықтан оларда негізінен (а) реакциясы бойынша газ тәрізді хлор бөлінуімен қатар Cl иондарының разрядталуы жүреді. Ерітіндідегі NaCl концентрациясын арттыру нәтижесінде хлор бөлінуі жеңілденеді, осының нәтижесінде тепе теңдік потенциалы кемиді. Бұл электролиз кезінде концентрленген натрий хлоридінің ерітіндісін қолданудың себептерінің бірі болып

келеді. Сілтілі ерітіндіде катодта су молекулаларының разрядталуы мына теңдеу бойынша жүреді: $\text{H}_2\text{O} + \text{e}^- \rightarrow \text{H} + \text{OH}^-$

Сутегі атомдары рекомбинациядан кейін молекулярлық сутегі түрінде түзіледі: $2\text{H} \rightarrow \text{H}_2$

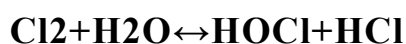
Натрий иондарының сулы ерітіндіде қатты катодта разрядталуы мүмкін емес, өйткені олар разрядтарының потенциалының сутегімен салыстырғандағы жоғары болуына байланысты. Сондықтан ерітіндіде қалған гидроксильді иондары натрий иондарымен сілті ерітіндісін түзеді. NaCl ыдырау процессін келесі реакциялар арқылы көрсетуге болады. $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}_2$ $\text{H}_2\text{O} + \text{e}^- = \text{H}_2 + \text{OH}^-$ $2\text{H} \rightarrow \text{H}_2$

Теңдеулерді қоссақ,



Яғни анодта хлор, катодта сутегі мен улы натр түзіледі.

Негізгі қарастырылып кеткен процесстермен қатар электролиз кезінде қажет емес процесстер де жүреді. Осыған қарамастан, анода бөлінетін хлор электролитте ериді және мына реакция бойынша анықталады.



Сілтінің анодқа диффузиясы жағдайында немесе аноды және катодты өнімдердің араластырылуы кезінде хлорлы және тұзды қышқылдар Натрий хлориді мен гипохлорит түзілуімен қатар сілтімен нейтралданады.



ClO^- иондары анодта ClO_3^- ке тотықсызданады. Сондықтан, натрий, хлорат, хлорид, гипохлорит түзіледі. Сілтілі ортада анодта оттегінің түзілуі еркін болады, сонымен ол электролиздің көрсеткішін

нашарлатады. Қажет емес реакциялардың өтуін азайту үшін катодты және анодты өнімдердің араласуына кедергі жасайтын жағдайлар құру керек. Оларға анодты және катодты кеңістіктерді диафрагмалармен бөлуі, электролиттің диафрагма арқылы фильтрациясы. Бұл диафрагмаларды фильтрлік деп атайды және олар асбесттен жасалады.

Өндірісте электролиздің қолданылуы.

Шаруашылықтың барлық салаларында және өндірісте электролиз барлық жақты қолданылады. Электролиздің түсті металлургияда қолданылуы: металдардың рафинирлеуі, рудалардан металды бөліп алу үшін. Балқыланған орталардан электролиз арқылы алынған металдар қатарына алюминий, магний, цирконий, титан, уран, бериллий және басқа металдардың қатары.

Сулы ерітінділерден бөлініп ала алмайтын металдарды жоғары теріс потенциал нәтижесінде түсті металлургияда балқыған орталардың электролизі нәтижесінде алады. Бұл балқыған орталар болып әртүрлі қоспалардың қосындысынан тұратын тұздар болады. Олар балқыманың балқу температурасын төмендету, электрөткізгіштікті мақсатында жоғарылату үшін қолданылады. Химиялық өндірісте электролиз арқылы хлорат және перхлорат, персульфат, калий перманганаты, хлор және сілтілер, органикалық қосылыстар, химиялық таза сутегі, оттегі фтор және басқа да маңызды өнімдерді алуға болады. Машина жасау, радиотехника, полиграфты қндіріс салаларында электролизді металдар немесе бұйымдар бетіне жұқа жабылғы салу үшін қолданады, оның себебі бұл пленка коррозиядан сақтайды және декоративті түрге келтіреді, ыстыққа төзімді болады. өндірістік ванналардың

классификация негізіне әтрлі белгілер жатқызылуы мүмкін. Мысалы, ванналардың полярлығы бойынша түрлері полярлы, биополярлы және комбинирленген болады. Анодтардың типтері: шығынды (химиялық реакцияға кірісетін), қатты еритін, сұйық еритін, көпіршікті қатты ерімейтін және ерімейтін. Ерімейтін анодтар үшін ең жақсы материал болып, тантал мен титан қоспалары, графит, манетит.

Электролит, электрод, электролизерлердің алуан түрлігіне қарамастан, техникалық электролиздің көптеген проблемалары болады. Оған зарядтардың, жылудың, массаның алмастырылуын, электр өрістерінің орналасуын жатқызуға болады. Электродтық процесстер шекті токтарының өлшенуімен қадағалана алады. Электролиттік реакциялардың мақсаттарына қарай, катод және анодтардың түрлі типтерін қолданады: горизонтальді сұйық сынапты катодпен, верикальды катодпен және фильтрлейтін диафрагмамен, горизонтальды диафрагмамен өткізгішті электролитпен, қозғалыстағы электродтармен және т.б. Электролиз үшін келесі электролит типтері қолдана алады: тұздар, қышқыл, негіздердің сулы ерітінділері; бейорганикалық еріткіштердегі сулы емес ерітінділері, органикалық еріткіштердегі сусыз ерітінділер; балқыған тұздар, қатты электролиттер.

Жасалынған жұмыстың негізінде қорытындылар мынада жатыр:

Біріншіден электролиз процесстерінің зерттеу облыстарында әзірге дейін өзінің актуалдығын жоғалтқан жоқ, оған орай бұл күрделі физико химиялық құбылыстың теориялық базасы үнемі толтырылып жатады. Екіншіден, бұл зерттеулер бұл процесстерді қолданудың

перспективалы бағдарларын анықтауға мүмкіндік береді. Ол экономикалық тиімді және берілген сапаның алуымен мақсатымен.

Электролиз шаруашылықта кең қолданылады. Электролиздің ең маңызды қасиеті металдарды тазарту және бөліп алу, сілтілер, хлор, сутегінің алынуы болып табылады. Ерітінділер электролизі немесе электролиттердің балқымаларының ерекшелігі химиялық тотығу тотықсыздану реакциямен бәсекелес жүретін электродтарды өту қабілеті болып табылады. Электролиз өнімдері мен электрод материалдарына әсерін тигізеді. Қола, никель, қорғасынның тазартылуын толығымен электрохимиялық әдіспен ғана алады. Фтор өндірісі калий фторид қоспасының балқыған электролизінде және фторсутекті қышқылда электролизі негізінде, ал хлор, хлоридтер балқымасы немесе сулы ерітінділер электролизі кезінде алынады.

Алюминий, магний, натрий, кадмий, кальций, бериллий, титан тек балқымалардың электролизі арқылы алынады. Өйткені олардың сулы ерітіндіден бөліну потенциалы сутектікіне қарағанда теріс болады. Жоғары дәрежелі таза оттегі мен сутегін сілтілердің сулы ерітінділері электролизі арқылы алады. Сол арқылы электролиз көмегімен тотығу тотықсыздану реакцияларының үлкен өнімділігімен жоғары селективті жүргізуге болады, олар қарапайым химиялық процестерде күрделі жолмен алынады. Сулы электролит ерітінділері электролизі кезінде анодтағы және катодтағы тотығу тотықсыздану процесстері катиондардың тотығу қабілеті мен электролит анионының сипатына тәуелді болады.

3. Есеп.

диаметрі 2,6мм Катионитті фильтр 15м/с жылдамдықпен жұмыс жасайды. Сульфокөмір слойының биіктігі 2,5мм тең, ал оның көлемдік сыйымдылығы 330 гэкв/м³. Ауданы 5,3 м²,

Шешуі:

$$T = 330 * 2,5 / 3,5 * 15 \approx 15,7$$

Регенерацияға кеткен тұз шығыны

$$q = 330 * 2,5 / 180 * 5,3 * 10000 \approx 800 \text{ кг,}$$

$$\text{фильтрдің сағ. өндіруі } q = 15 * 5,3 \approx 80 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Тұзды дайындауға кеткен су шығыны:

$$q_1 = q / 10 pC = 800 / 10 * 1,04 * 6 = 12,8 \text{ м}^3$$

фильтрді тазалауға кеткен су шығыны:

$$q_2 = vit / 60 = 10 * 5,3 * 15 / 60 = 44 \text{ м}^3$$

$$q_3 = vit / 60 = 12 * 5,3 * 15 / 60 = 16 \text{ м}^3$$

$$q_0 = 12,8 + 44 + 16 = 72,8 \text{ м}^3$$

$$q_{\text{с.н.}} = 72,8 / 80 * 15,7 * 100 = 6,1\%$$

4. Тапсырма

вариант									
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Пайдаланған әдебиеттер

Негізгі:

1. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф., Водоподготовка к энергетике: Учебное пособие для вузов.- М.: Издательство МЭИ,2003.-310с.
2. Стерман Л.С., Покровский В.Н., Физические и химические методы обработки воды на ТЭС: Учебник для вузов.- М.: Энергоатомиздат, 1991.-328
3. Громогласов А.А., Копылов А.С., Пильщиков А.П., Водоподготовка: Процессы и аппараты: Учебное пособие для вузов: М: - Энергоатомиздат,1990.-272с.
4. Белан Ф.И., Водоподготовка. - М энергия,1979.-420с.
5. Вихрев В.Ф., Шкроб М.С., Водоподготовка. - М.:Энергия,1999.-257с.
6. Кишневский В.А., Современные методы обработки воды в энергетике. Учебное пособие для вузов.- Одесса: ОГНУ,1999.-257с.
7. Солодяников В.В., Расчет и математическое моделирование процессов водоподготовки.-М. – Энергоатомиздат,2003.-320с.
8. Мырзахметов М.М., Тогабаев Е.Т., Утепбергенова Л.М. Использование шахтного водоотлива для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Кентау // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции. – Витебск, 2006. – 42-43 бет.
9. Мырзахметов М.М., Тоғбаев Е.Т., Утепбергенова Л.М. Мырғалымсай кен орны жер асты суына жүргізілген тәжірибелік зерттеудің нәтижесі // «Жаңа мыңжылдықтағы сәулет және құрылыс» атты ғылыми-практикалық конференцияның еңбектері. – Алматы, Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ, 7-8 қазан 2008. - 389-396 бет.
10. Тоғбаев Е.Т., Утепбергенова Л.М. Ауыз суын дайындауда цеолитті қолдану // Известия научно-технического общества «КАХАК». – Алматы, 2009. - №2(24). – 94-97 бет.

Қосымша:

- 1.Лифшиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок.- М.: Энергия,1976. -456с.
- 2.Александров А.А., Григорьев Б.А., Таблица теплофизических свойств воды и водяного пара: ГСССДР-776-98:Справочник. -М: МЭИ, 1998.-168с.
- 3.Овчев М. Коррозия теплоэнергетического и ядерно-энергетического оборудования. М: Хиия,1988. -224с.