

**ЭКОЛОГИЯ ЖӘНЕ ӨМІРТІРШІЛІК ҚАУІПСІЗДІГІ**  
**ECOLOGY AND LIFE SAFETY**  
**ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

GTAMP 87.17.81

DOI 10.52167/1609-1817-2022-126-3-462-478

**А.А. Абдықадыров, С.Марксұлы, Е.Таштай, А.Е.Куттыбаева**

Satbayev University, Алматы, Қазақстан

E-mail: Sungat50@gmail.com

**ЖЕР ҮСТІ СУЛАРЫН ОЗОНАТОР ҚОНДЫРҒЫСЫ КӨМЕГІМЕН ТАЗАЛАП,  
ЗАЛАЛСЫЗДАНДЫРУ ҮРДІСІН ЗЕРТТЕУ**

**Аңдатпа.** Бұл ғылыми зерттеу жұмысында жер үсті ағынды суларын озонатор көмегімен тазалап, залалсыздандыру үрдісі қарастырылған. Жер үсті ағынды сулары - ол елді мекендер мен өнеркәсіп орындарынан шыққан қалдық су, жаңбыр, еріген және суару сулары. Әдетте, бұл ағынды сулар мұнай өнімдерімен және қалқымалы заттармен, кейбір жағдайларда - нақты заттармен ластанған. Жер үсті суларын тазарту мәселесі көп жағдайда ластаушы заттардың құрамы мен табиғатының тұрақсыздығында жатыр. Өнеркәсіптік ағынды суларды тазарту қазіргі заманғы негізгі экологиялық мәселелердің бірі болып табылады. Химиялық ластану ең көп таралған, тұрақты және ауқымды болып табылады. Ол органикалық (фенолдар, нафтен қышқылдары, пестицидтер және т.б.) және бейорганикалық (тұздар, қышқылдар, сілтілер), улы (мышьяк (As), сынап қосылыстары (Hg), қорғасын (Pb), кадмий (Cd) және т.б.) және улы емес болуы мүмкін. Озондау арқылы өнеркәсіптік ағынды суларды тазарту ең тиімді және заманауи әдістердің бірі болып табылады. Зерттеу жұмысында су құрамындағы зиянды қоспалар озонмен тотығу арқылы бейтараптандырылып, залалсыздандыру үрдісінің мәселесі қарастырылған.

**Түйінді сөздер.** Озонатор қондырғысы, жер үсті суы, озонның концентрациясы, электр тәжі разряды.

**Кіріспе.**

Тұрмыстық және өндірістік ағынды суларды тазарту қазіргі заманның өзекті экологиялық мәселелерінің бірі болып табылады. Көптеген тазалау әдістері бар, олар технологияның күрделілігі мен құны, тиімділігі, уыттылығы және басқа да көрсеткіштері бойынша ерекшеленеді. Қазіргі кезде кең таралған әдістер: хлорлау, бром мен йодты қолдану, ультракүлгін сәулелену (УК) және озондау технологиясы. Мысалы, АҚШ-та, Жапонияда және кейбір Еуропа елдерінде озондау технологиясы белсенді түрде қолданылады, оның басқа әдістермен салыстырғанда бірқатар артықшылықтары бар [1].

Озон молекуласы тең бүйірлі үшбұрыштың төбелері түрінде орналасқан үш атомнан тұрады. Әрбір атом көршілес қос және жалғыз байланыстарға қосылып, озон молекуласын салыстырмалы түрде тұрақсыз етеді. Сондықтан ол ауада ыдырап, екі атомды оттегі молекуласын түзеді. Озонның тотықтырғыш қасиеті жоғары болғандықтан суға бактерицидтік әсер етеді, органолептикалық қасиеттерін жақсартады, иіссіздендіреді, нитроқосылыстардан, канцерогендерден, ацетоннан, күкіртсутектен, мұнайдан, органикалық және бейорганикалық заттардан тазартады. Таза озон жарылғыш болғандықтан, ағынды суларды тазарту үшін озон мен ауа қоспасы (немесе техникалық оттегі) қолданылады [2,3].

Жер үсті суларын озондаудың негізгі артықшылықтары:

- барлық белгілі вирустарды, бактерияларды, балдырларды, саңырауқұлақтарды және басқа микроорганизмдерді жою;

- жағымсыз иіс пен дәмді кетіру;
- реакцияның жоғары жылдамдығы;
- озонның әсері судың қышқылдығына әсер етпейді және құрамын өзгертпейді (микроэлементтер бастапқы күйінде сақталады);

- ыдырау үрдісінде улы қосылыстар түзілмейді және т.б [4,5].

Дегенмен, әдістің кейбір кемшіліктері бар:

- 1) Озонатордың жоғары құны.
- 2) Құрғақ қалдық пен фенолды қосылыстарды жою қабілетінің төмендігі.
- 3) Озон – улы зат (жоғары қауіптілік класы) [4,6].

Жер үсті суларды озондау арқылы тазартудың тиімділігін арттыру үшін олардағы майлардың, ластаушы заттардың үлкен фракцияларының және т.б. мөлшерін азайту үшін оларды бастапқыда механикалық немесе физика-химиялық тазартуға жатқызу ұсынылады. Озондау үрдісі әртүрлі тәуелділіктерге байланысты, сондықтан оны кәсіби мамандар және тек жоғары сапалы жабдықтар мен шикізатты қолдану арқылы жүргізу керек [7].

Жер үсті суларын тазарту үрдістерінде озонды қолданудың екі жолы бар:

1) Өндірістік ағынды суларды қалалық канализацияға жіберер алдында тазарту. Бұл жерде озондаудың міндеті - бақыланатын химиялық қосылыстарды стандартты көрсеткішке дейін төмендету және улы биохимиялық заттарды тұрмыстық ағынды сулармен бірге белсенді тұнбамен тотығуға қабілетті улы емес және биологиялық тотығуға қабілетті заттарға айналдыру. Өнеркәсіптік ағынды сулардың ең көп тараған түрлеріне құрамында фенол және оның туындылары, полифенолдар және күрделі фенолдық қосылыстар (мысалы, гидролитикалық лигнин), беттік белсенді заттар, цианидтер, еритін мұнай өнімдері, бірқатар бензол туындылары бар сулар жатады. Мұндай суларды озондау үшін озонның концентрациясы бірнеше 10 мг/л-ден 200 мг/л-ге дейінгі мөлшерде болуы керек [8].

2) Биохимиялық (немесе басқа жолмен) тазартылған ағынды жер үсті суларын резервуарға құймас бұрын залалсыздандыру қажет. Бұл жағдайда озон хлорға қарағанда экологиялық таза тотықтырғыш екені белгілі [9].

Ағынды суларды резервуарға жіберер алдында озондаудың хлорлаумен салыстырғандағы артықшылықтары:

1) Озонның микроорганизмдерге әсер ету спектрі кеңірек, озонның бактерицидтік әрекетіне ағынды суларда үнемі кездесетін аммоний және аммиак иондары әсер етпейді. Хлордан айырмашылығы ол гидробионтты зақымдамайды және улы туындылардың түзілуіне әкелмейді.

2) Озондау кезінде су сапасының химиялық және бактериологиялық көрсеткіштеріне кешенді әсер етеді.

3) Жер үсті суын озонмен өңдегенде оның түсі өзгеріп, иіссізденеді, ал ХОС (химиялық оттегіге сұраныс) мәні айтарлықтай төмендейді.

4) Биологиялық тазарту мен озондау үйлесімі судан канцерогендерді толығымен дерлік жоюға мүмкіндік береді.

### **Материалдар мен тәсілдер.**

Өнеркәсіптік нысандардың қарқынды дамуы жағдайында ағызылатын ағынды суларды санитарлық-эпидемиологиялық нормаларға сәйкес тазарту өзекті мәселе болып табылады. Тұрмыстық немесе өнеркәсіптік қажеттіліктер ретінде пайдаланылатын су ең жақын табиғи және жасанды су қоймаларына жаппай төгіледі. Бұл тенденция күрделі экологиялық мәселелерге әкеледі. Ластаған ағынды суларда жұқпалы ауруларды тудыратын улы заттар мен ағзалардың болуы үлкен қауіп төндіреді. Зиянды және қауіпті заттардың концентрациясын азайту үшін; құрамында ірі бөлшектер мен қауіпті микроорганизмдер болса, суды төгу алдында тазарту керек. Ағынды суларды тазарту

әдістерін механикалық, физика-химиялық және биохимиялық деп бөлуге болады. Ең жақсы нәтижеге жету үшін бұл әдістерді біріктіруге болады. Ең тиімді және келешегі бар әдіс - физикалық-химиялық әдіс, өйткені оны жүзеге асыру үшін әртүрлі энергия пайдаланылуы мүмкін: электрлік, химиялық, жылулық, механикалық. Суды озондау физика-химиялық әдіске жатады [7,9].

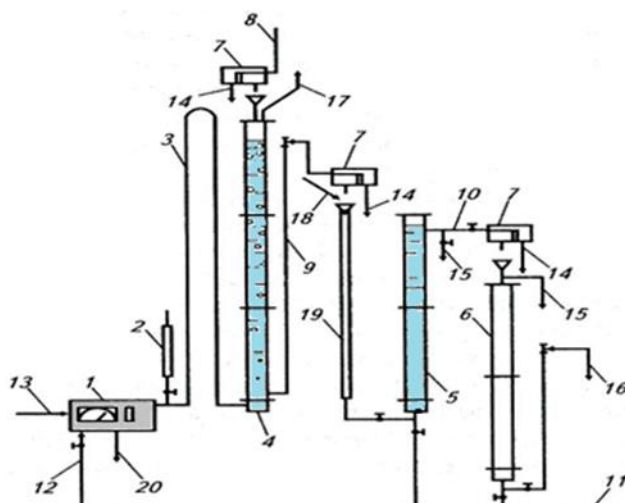
Жер үсті суын озондау үрдісі озонатор көмегі арқылы жүзеге асырылады. Озон ең күшті тотықтырғыш болып табылады және бірқатар маңызды артықшылықтарға ие: ол барлық белгілі микроорганизмдерді өлтіреді, жылдам әрекет етеді, дәм мен иіс қоспайды, судың қышқылдығы өзгермейді, пайдалы заттар суда қалады. Озонатор құрылғысы екі бөліктен тұрады: 1. Озон генераторы; 2. Су тазалау үрдісі (1-сурет) [1,4].

Озонды өндірудің үш негізгі жолы бар: ультракүлгін сәулеленуді қолдану, тәжді разрядтау өрісінде және электролиттік әдіс [1,10].

1. Ультракүлгін (УК) сәулеленуді пайдалана отырып озон алу – мөлдір камера арқылы құрамында оттегі бар газды (таза оттегі) өткізу үрдісі, мұнда қысқа толқынды ультракүлгін сәулеленудің әсерінен оттегі молекуласы 2 атомға диссоциацияланады, содан кейін синтез арқылы озон түзіледі (атомның және тұтас оттегі молекуласының). Алынған озон мөлшері өте аз, тиімді дезинфекцияға жеткіліксіз, сондықтан әдіс шектеулі мөлшерде қолданылады [7,8].

2. Электролиттік әдіс электрохимиялық түрлендірулерге негізделген: ток арнайы ұяшықтарда орналасқан электролит ерітінділері арқылы өтеді, онда су молекулалары атомдық оттегі, содан кейін озон түзеді. Нәтижесінде суды тазарту үшін газдың жеткілікті мөлшері алынады, судың молекулалары ыдырайды. Өйткені массаның көп бөлігі газ түріне айналады. УК сәулеленуден айырмашылығы, негізгі бөлігі ерітіндіге түседі [8,10].

3. Тәж разрядындағы озонның электросинтезі оның тиімділігі мен сенімділігіне, сондай-ақ энергияны тұтынудың өндірілген озон концентрациясының оңтайлы қатынасына байланысты өнеркәсіпте кеңінен тарайды. Тәж разряды екі электродтар арасында өте біртекті емес электр өрісіндегі газда пайда болады. Электрондар электродтар арасында саңылау арқылы қозғалады, осылайша диссоциацияланатын және озон түзетін оттегі молекулаларына әсер етеді [1,4].



1 сурет – Су тазалаудың озон-сорбционды тәжірибелік қондырғысы

1-суретте, 1-озонатор; 2-озонның концентрациясын анықтайтын түйін; 3-су мен оттегі қоспасын беру; 4-байланыс колонасы; 5-қиыршық сүзгі; 6-көмір сүзгісі; 7- озонның мөлшерін ұлғайту багі; 8-бастапқы суды беру; 9-озондалған суды беру; 10-тазартылған

суды беру; 11-жуылған суды беру; 12- озонаторды салқындататын суды беру;13-оттекті беру; 14-ағып кіру; 15-жуылған суды бұру; 16-сүзгіден бұру; 17- қолданылған озонды атмосфераға жіберу; 18-коагулянт беру; 19-ауа бөлгіш; 20-озонаторды салқындататын суды әкету.

Озонмен суды залалсыздандыру тарихы екі ғасырға жуық. Ресейде алғашқы озонатор қондырғысы 1911 жылы Санкт-Петербург қаласында пайда болды. Озондау әдісін қолданудың әлемдік тәжірибесінде көп жылдар бойы әдістің негізгі артықшылықтары мен кемшіліктері анықталды. Ондағы маңызды мәселе - озонның тұрақсыздығы. Судың температурасы 200С болғанда газ 1 сағаттан аз уақыт ішінде ыдырайды, бұл судағы микроорганизмдердің қайта дамуына әкеледі [1,5].

Батыс елдеріндегі “Германия, Франция, Швейцария” су тазалау бекеттерінде озонаторлар сәтті өндіріске енгізілді. Ал өкінішке орай елімізде бұл технология кеңінен қолданыс таба алмады.

Ғылыми зерттеу жұмысы бойынша келесідей шетелдік патенттік ақпаратқа шолу жүргізілді:

СҮЗГІ ОЗОНАТОР [патент C02F 1/78, № 151198]. Бұл техникалық шешім тұрмыстық және өндірістік ағынды суларды тазарту және залалсыздандыру саласына қатысты. Биологиялық немесе физикалық-химиялық тазартудан кейін суды кез келген құрылыстарда пайдалануға болады. Бұл жұмыста су тазарту қондырғысының аналогты жобасын жетілдіру міндеті тұр. Ондағы техникалық шешім ағынды суларды тазарту қондырғысын жетілдіру.

Құрылымының құрамында сүзгі, сорғы, озон генераторы, артық озон деструкторы, өшіру клапандары, деңгей датчиктері, су көзін жеткізу құбыры, су көзін тарату жүйесі, озон-ауа қоспасын жеткізу құбыры, контакт камерасы бар. Сонымен қатар ағынды сумен жабдықтау құбыры, артық суды кетіру құбыры, озонды ыдыратқыш құрылғылары да бар.

Озонатор құрылғысы [патент C01B 13/11, №94029292]. Патент озон өндіруге және сұйықтықтарды тазартуға арналған құрылғыларға қатысты. Өнертабыстың мақсаты - қондырғыда пайда болатын озон концентрациясын ұлғайту, қондырғының тиімділігі мен сенімділігін арттыру, 1 кг озон өндіруге жұмсалатын энергия шығындарын азайту, электродтарды азот оксидтерімен ластануын болдырмау, электр тотығындағы қарсылық катушкаларын жою.

ОЗОНАТОР [патент C01B 13/11, №94 015 380]. Өнертабыс озон өндіруге арналған. Құрылымы ауыз суды дайындауға, ағынды суларды залалсыздандыру, ауаны кондиционерлеу және басқа мақсаттарда пайдалануға болады. Озонатор корпусында сыртқы электрод, диэлектрик оқшаулағыш, жоғарғы және төменгі қақпақ бар. Үстіңгі қақпақта су ағынын беру үшін арналған дроссельдік саңылау бар, ол озонатордың ішкі электродының функциясын орындайды. Үстіңгі қақпақта сонымен қатар су ағыны үшін арналған арна бар. Озонатор ауамен қамтамасыз етіледі. Суды озон-ауа қоспасымен араластыру үшін озонатордың төменгі қақпағында диффузормен жабдықталған.

Патенттік-ақпараттық іздестіру нәтижелері бойынша өнертабыстардың негізгі мақсаты ағынды суларды тазарту мен залалсыздандыруға кететін шығынды санитарлық нормаларға дейін төмендету, озонатордың құрылымдық өлшемдерін азайту, энергия шығындарын азайту және құрылымының сенімділігін арттыру.

Жер үсті ағынды суларын тазарту үрдісінде озонды пайдалану келешегі бар үрдіс болып табылады [1,4].

### **Нәтижелер мен талқылаулар.**

Жер үсті суларын озонатор қондырғысы көмегімен тазалап, залалсыздандыру үрдісін зерттеу мақсатында алдымен су құрамына қажетті озонның мөлшерін анықтау қажет. Суды озондау әдісін қолданған кезде алдымен жоғарғы күрделі және

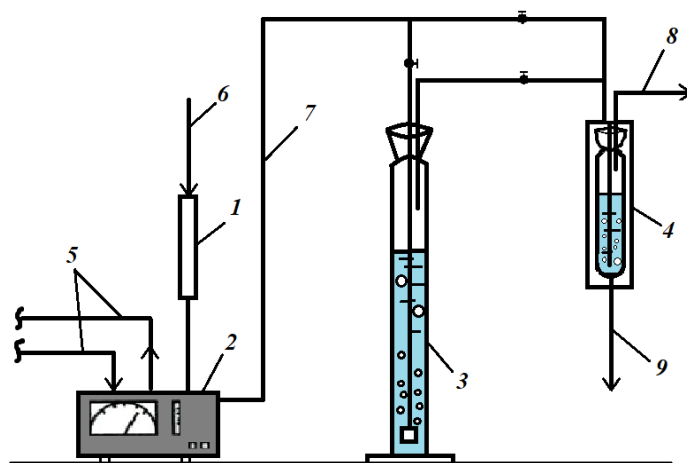
эксплуатациялық шығындарды ескеру қажет. Ол үшін біріншіден озонды тиімді және қойылған мақсатқа лайықты қолдану керек. Сол себепті ең алдымен тиянақты түрде технологиялық сұлба мен жобаны зерттеп, озонды қолдана отырып су тазартатын станциядан су алып, тазарту үрдісін жүргізу керек. Зерттеу жұмысының нәтижесін жан-жақты тереңірек талдап, кемшіліктерін анықтау керек. Содан кейін барып технологиялық сұлбаны су тазалайтын станцияға енгізуге болады [5,6].

Көрші Ресей ғалымы В.Л.Драгинский мен Л.П.Алексееваның пайымдауларына тек озонды қолданудың нәтижесі ғана емес, сол сияқты жыл мезгіліне байланысты оның тиімді шешімі ( $1 \text{ м}^3$  суға жұмсалатын озонның тиімді мөлшерін) мен суды сорбционды-тотықтырғыш әдісі арқылы тазартудың есептемелік конструктивті параметрлерінің ішінде мыналарды анықтау керек. Олар: озонды қолдану коэффициенті, залалсызданатын сумен озон қоспалы ауаның байланысу уақыты, сорбционды табиғи сүзгінің тиімді нұсқасын қолдану (оның ішінде белсенді көмір), сол сияқты су тазарту станциясындағы т.б. технологиялық және техникалық, экономикалық мәселелерді қарастыру керек. Бірінші этап бойынша табиғи суды залалсыздандыруды тәжірибелік зерттеу қондырғысында жүргізу қажет. Қондырғының құрамына кіретін құрылғылар мыналар: ауаны кептіру, компрессор, өнімділігі 1-2 г/сағ-қа тең болатын озонатор және озонның мөлшерін анықтайтын байланыс ыдысы (2-сурет) [1,6].

Озонаторға байланыс ыдысын енгізе отырып, ондағы озонның саны мен озонның мөлшері арасындағы айырмашылықты және қалдық озонның мөлшерін анықтауға болады. Озонның мөлшері мен санын және өнделетін яғни, залалсызданатын суды мг/л-мен анықтайды [7,8].

Судағы қалдық озонның концентрациясы мен озонның мөлшері арасындағы айырмашылықты судың озон сіңіргіштігі арқылы анықтаймыз.

Бастапқы суды бірінші ретті озондау кезіндегі озонның мөлшері шамамен 0-20 мг/л. Ол залалсызданатын судың сапасына байланысты жіберіледі [9]. Озонның мөлшері мен концентрациясын уақыт бойынша немесе жіберілетін қоспалы озон бойынша реттеуге болады.



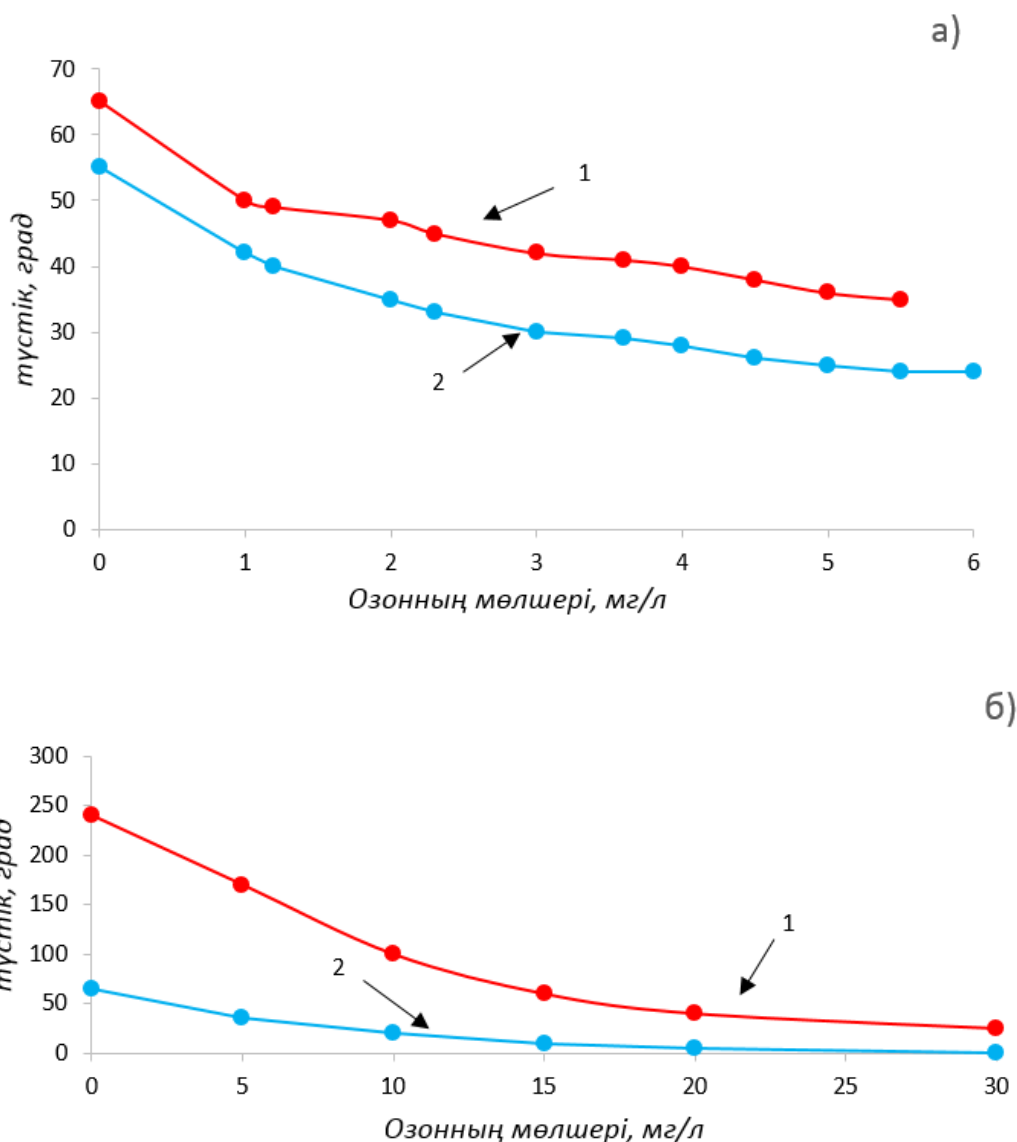
2 сурет – Суды озондаудың зертханалық сұлбасы

2 суретте, 1-ауаны кептіру; 2-озонатор; 3-байланыс сыйымдылығы; 4-озон араласқан қоспа мен озонның концентрациясын анықтайтын ыдыс; 5-озонаторды салқындататын судың берілісі; 6-ауаны беру[1,8].

Бастапқы су әртүрлі мөлшердегі озон арқылы залалсыздандырылады және тиімді тазартылған су мен оның құрамындағы күрделі қоспалардың бөлшектері тексеріліп отырылады.

Мысалы, түсті және жоғарғы түсті суларды озондаған кезде олардың түсі озонның мөлшеріне байланысты төмендейді. Мұндай зерттеу нәтижесін 3-суреттен байқауға болады. Бұл суреттен озонның тиімді мөлшеріне байланысты тазартылған судың сапасы мен оның ішінде судың түсін қарастыруға болады.

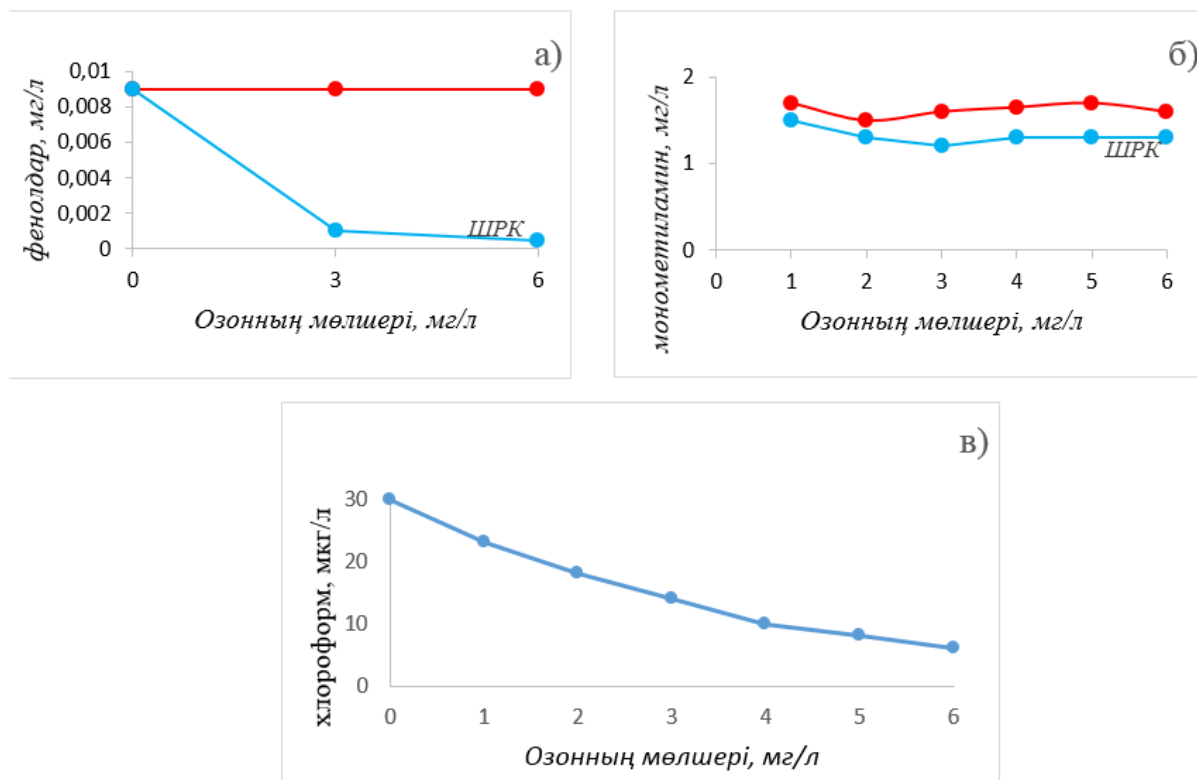
Сол сияқты су құрамындағы кейбір химиялық қосылыстардың концентрациясының төмендегенін қарастыруға болады (4-сурет). Мысалы, фенолдар (а), аминдер (б) және хлороформ (в) суреттерден байқауға болады.



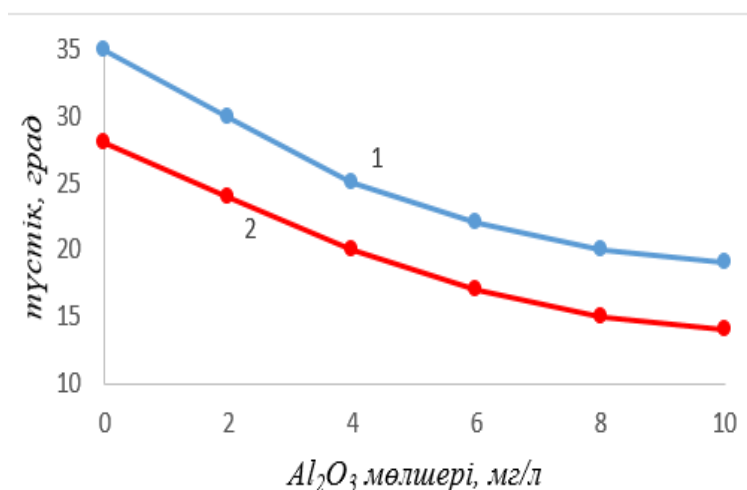
3 сурет – Суды озондау кездегі оның түсінің тазару тиімділігі а) орта түсті су (әр түрлі су көздері); б) жоғарғы түсті су; 1-судың түсі; 2-тотығуы

Екінші реттік суды озондау кездегі тиімділікті анықтау үшін бірінші этаптан тазартылып келген мөлдір суға озонды жібере отыра тәжірибелік жұмыстарын жүргізу керек (жылдам қиыршық сүзгі алдында).

Үрдіс кезінде коагуляцияға дейін алдың ала суды озондаудың әсері мол екені осы күнге дейін белгілі. Себебі коагуляцияға дейін суды озондау біріншіден судың сапасын арттырады, ал екіншіден тазартылатын суға қажетті коагуляцияның мөлшерін 15-30%-ға үнемдейді. Мұндай зерттеу жұмыстарының нәтижесі 5-суретте қарастырылған.



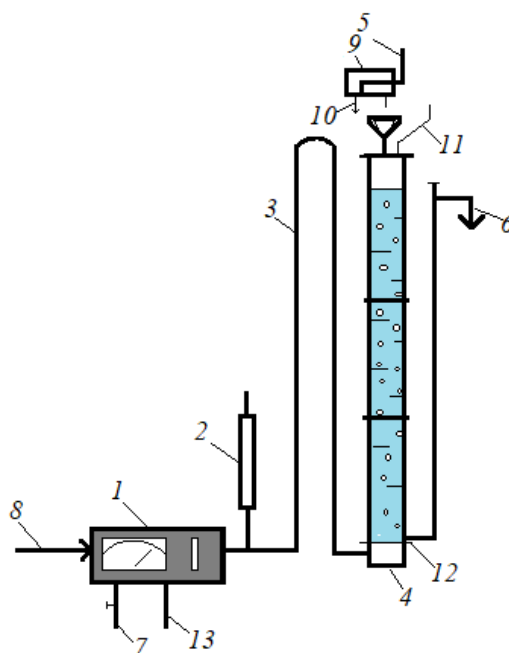
4 сурет – Судағы химиялық ластағыштарды озон арқылы жою. а-фенолдар; б-аминдер; в-хлороформалар; 1-озондалмаған бастапқы судың концентрациясы; 2-озондалған судың концентрациясы



5 сурет – Коагуляциялау үрдіс кезіндегі бірінші ретті озондалып түссізденген су

5 суретте, 1-озондалмаған су; 2-озондалған су (озонның мөлшері - 2,5 мг/л).

Ғылыми зертханалық тәжірибе жасауға арналған қондырғыдағы озонның мөлшерін жуықтап анықтауға болады. Жалпы зертханалық қондырғының сұлбасы б-суретте қарастырылған. Мұнда суды озондау кездегі есептемелік-конструктивті параметрлерге лайықты шарттар мыналар: су мен озонның байланыс уақытын ұзарту, байланыс камерасындағы су қабатының биіктігін арттыру және озонды қолдану дәрежесі және т.б. лайықты шарттарды қарастыруға болады.



6 сурет – Зертханалық тәжірибе жүргізуге арналған озонатор қондырғысы

6 суретте, 1-озонатор; 2-озонның концентрациясын анықтайтын түйін; 3-су мен оттегі қоспасын беру; 4-байланыс колоннасы; 5-ыстық суды беру; 6-озондалған қоспаны бұру; 7-озонаторды салқындататын суды беру; 8-оттекті беру; 9-озонның мөлшерін ұлғайту багі; 10-ағып кіру; 11-қолданылған озонды атмосфераға жіберу; 12-метал керамикалық пластина; 13-озонаторды салқындататын суды әкету.

Тәжірибе жасауға арналған қондырғының құрамына озонатор және байланыс колоннасы кіреді. Озонатор таза оттегі арқылы жұмыс жасайды. Ондағы оттегі арнайы баллонның редукторы арқылы озонаторға жіберіледі. Ал жалпы осы кездегі озонның өнімділігі шамамен 1-2 г/сағ-қа тең. Озонатордың шықпасындағы оттегі пен озон қоспалы концентрациясын арнайы газоанализатор (мысалы Циклон – 5 типті газоанализатор) арқылы өлшейді. Сол сияқты озонды атмосферадағы ауа арқылы өндеуге болады. Бірақ ол үшін майсыз компрессорды қолданған абзал [9,10].

Озон биіктігі 4,5 м, ал диаметрі 50 немесе 100 мм болатын байланыс колоннасына енгізіледі. Енгізілетін озонды колоннаның төменгі жағынан жұп металл керамикалық пластина арқылы жібереді, ол колоннаның төменгі жағында орналасқан [11].

Бастапқы су колоннаның жоғарғы жағынан құйылады да озонмен әрекеттеседі. Қолданылған қалдық озон су бетіне шығып, атмосфераға жіберіледі [11,12].

Бастапқы су шығындары әр уақытта еселеуші бак арқылы толтырылып, ыдыстағы су өз деңгейін ұстап тұрады. Колоннаға су саптама арқылы құйылады. Анықталған саптама тесігінің көлденең қимасының ауданы арқылы құйылған бактағы судың тұрақты деңгейі әр уақытта төменгі байланыс колоннасындағы судың шығынымен бірдей болады [13].

Үрдіс кезінде өзеннен немесе қоймадан алынған бастапқы және озондалған сулардың сапасы жиі тексеріліп отырылады (мысалы, тұнықтығы, түсі, перманганатты тотығуы, рН сілтілігі және т.б. көрсеткіштері). Сол сияқты белгілі бір периодта судың хлорорганикалық, фенолдар, оттегінің химиялық қажеттігі (ОХК) және оттегінің биологиялық қажеттігі (ОБК) және т.б. химиялық ластағыш заттар тексеріліп отырылады [1,14].

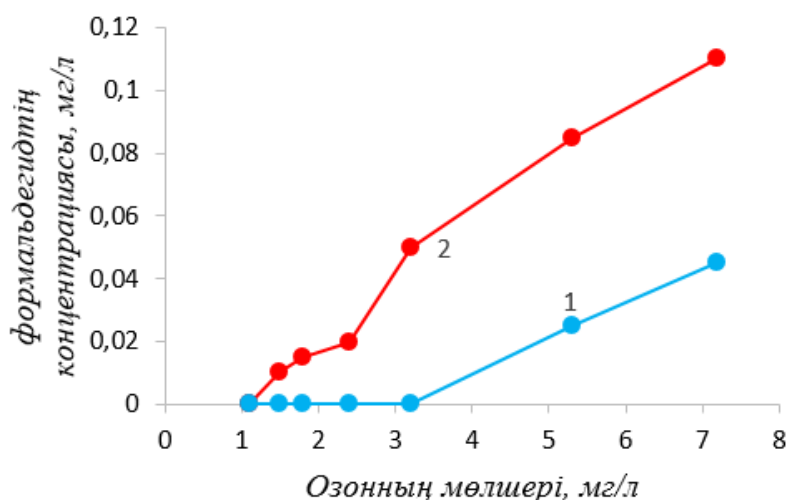
Органикалық заттектердің жалпы сипаттамаларын УК сәулесі арқылы анықтайды. Тексеруге алған суды спектрометриялық өлшеу кезінде оның оптикалық тығыздығы

ультракүлгін аймағында яғни толқынның ұзындығы 254-270 нм-ге тең болуы керек [14,16].

Бастапқы түсті ластанған суды зертханалық немесе жартылай өнеркәсіптік тәжірибе жүргізуге арналған қондырғыда залалсыздандыру кезінде оның, яғни озондаудың тиімділігі анықталды [3,12].

Озондау үрдісі арқылы жүргізілген барлық тәжірибелік зерттеу жұмыстары кезінде тазартылған судағы формальдегидтің концентрациясын бақылап отыру керек. Озон арқылы судың негізгі сапасын арттыру үшін ондағы тотыққан өнімде жиі кездесетін формальдегид пен ацетальдегид концентрацияларын жиі бақылап отыру қажет. Бұлардың санитарлық ережелер және нормаларда бекітілген шекті рұқсат етілген концентрацияларының көрсеткіштеріне келетін болсақ мынадай: формальдегид өте аса қауіпті болғандықтан оның шекті рұқсат етілген концентрациясы шамамен 0,05 мг/л болуы керек [16]. Ал ацетальдегид аса қауіпі болмағандықтан оның шекті рұқсат етілген концентрациясы шамамен 0,2 мг/л – ден жоғары. Сондықтан өнімді озондау кезінде міндетті түрде формальдегидтің концентрациясын бақылап отыру керек. Ғылыми зерттеу жұмысының нәтижесі төмендегі 7 - суретте қарастырылған. Онда озонның мөлшеріне байланысты формальдегид концентрациясының өзгерісі көрсетілген [1,3].

Формальдегидті колориметриялық әдіс арқылы анықтайды. Бұл әдістің методикасын зерттеген АН МССР институты. Мұны анықтауға фенолдар (100 мг/л дейінгі концентрацияда), анилин (40 мг/л дейін), ацетальдегид, бензальдегид, құмырсқа қышқылы, хлороформ, аммиак, ацетон сияқты қосылыстар ешқандай кедергі жасамайды [1,17].



7 сурет – Жылдың әр түрлі уақытында суды озондау кездегі формальдегидпен озонның мөлшері арасындағы тәуелділік. 1 - сәуір; 2 - қазан

Төмендегі тәжірибелік қондырғыда тек суды озондаудың параметрлері ғана анықталады (8 сурет). Дегенмен болашақта суды озондау үрдісінің басқа үрдістерге, оның ішінде реагент арқылы өңдеу, қиыршық және көмір сүзгісіне әсерін толықтай тексеру қажет. Мұндай жағдайда суды тазалаудың кешенді әдістерін жүргізу қажет. Ол үшін арнайы тәжірибелік қондырғыны құрастыру керек.

Жер үсті суын тазалаудың математикалық моделі. Жер үсті суын озон арқылы залалсыздандыру үрдісін математикалық модельдеу күрделі мәселелердің бірі. Себебі суға жіберілген озонның тиімді мөлшерін анықтау үшін геометриялық, кинематикалық және

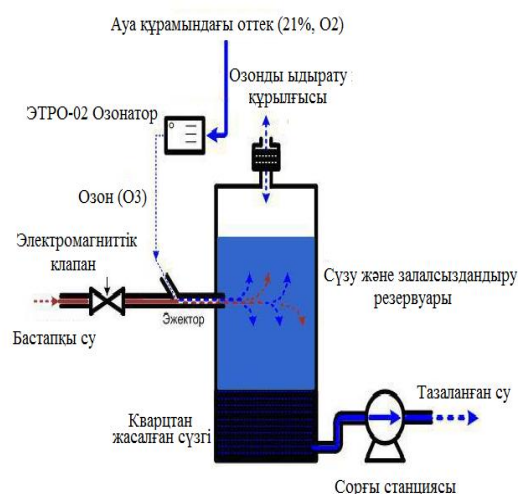
динамикалық параметрлерді анықтау қажет. Ол үшін залалсызданған судың сапалық деңгейін келесі теңдік бойынша анықтауға болады:

$$\mathcal{E}_{таза.су} = \frac{C_{бас.су} - C_{озо.су}}{C_{бас.су}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

мұндағы:  $C_{бас.су}$  - бастапқы судың концентрациясы, мг/м<sup>3</sup>;  $C_{озо.су}$  - озондалған судың концентрациясы, мг/м<sup>3</sup>.



а) жалпы бейнесі



б) Суды залалсыздандырудың құрылымдық сұлбасы

8 сурет – Су тазалаудың озон-сорбционды тәжірибелік қондырғысы

Жалпы қоймадағы суды озон технологиясы арқылы өңдеу үшін келесідей тәуелді параметрлерді ескеру қажет:

$$\mathcal{E}_{таза.су} = f(G_{оз.}, PQ, PV, Pt, PT'), \quad (2)$$

мұндағы:  $G_{оз.}$  - озонатор шығысында пайда болған озонның концентрациясы, мг/сағ;  $PT' = 22^\circ C$  - судың қалыпты температурасы;  $PV$  - су жинайтын резервуардың көлемі, м<sup>3</sup>;  $Pt = 20 мин$  - суды озондау уақыты;  $PQ = 10 м^3 / сағ$  - қондырғыдағы насосың өнімділігі.

Қоймадағы суды озон технологиясының көмегімен залалсыздандыру үрдісі кезінде қарастырылған 2-ші теңдіктің оң жағындағы тәуелді параметрлерді жеке – жеке теңдеулер арқылы анықтап алуға болады.

1. Озонатор шығысында пайда болған озонның концентрациясын 3-ші теңдікте келтірілген шектік теңдеулер арқылы анықтауға болады. Ол үшін электрлік-тәжілі разряд кезіндегі физикалық және химиялық үрдісті ескеру керек. Ал озонатор түтігі ішінде пайда болған озонның концентрациясы ( $G_{оз.}$ , мг/м<sup>3</sup>), ол түтік бойымен жүрген қалыпты температурадағы ( $PT''$ , °C) оттектің көлемі мен тәжіленуші электродтың геометриялық өлшеміне байланысты болады. Түтік ішіне жіберілген ауаның құрамында әртүрлі химиялық қоспалар бар. Айталық сирек газдардың мөлшері 0,1%, CO<sub>2</sub> – көмір қышқыл газы 0.94%, N – азот 78%, O<sub>2</sub> – оттегі 21% - дейін қалыптасқан. Озонатор ішіндегі тәжілі-разрядтың бойымен жүрген оттегі газ ауадағы оттегі атомымен бірігіп озон қалыптастырады.

Жалпы озонатор шығысында пайда болатын озонның концентрациясын ( $G_{\text{мг/м}^3}$ ) келесі теңдік бойынша анықтауға болады:

$$G_{\text{озон}} = \frac{(PO_{2к} - PO_{2и}) \cdot l}{S \cdot h \cdot PT^{//}}, \text{мг/м}^3, \quad (3)$$

мұндағы,  $PO_{2к}$  – озонаторға кірген ауа құрамындағы оттектің мөлшері ( $\text{мг/м}^3$ );  $PO_{2и}$  – озонатордан шыққан ауа құрамындағы оттектің мөлшері ( $\text{мг/м}^3$ );  $l$  – тәжіленуші электродтың ұзындығы (мм);  $S$  – электродтың көлденең қимасы ( $\text{мм}^2$ );  $h$  – электродтардың ара қашықтығы (мм);  $PT^{//}$  – түтік ішіндегі температураның мөлшері.

Тәжіленуші электродтың көлденең қимасы мен ұзындығын ескере отыра оның активті кедергісін ( $R$ ) анықтап алуға болады:

$$S = \frac{\rho l}{R} \Rightarrow R = \rho \frac{l}{S}, \quad (4)$$

мұндағы;  $\rho$  – электродтың меншікті кедергісі.

Тәжіленуші электродқа келіп тұрған жоғарғы кернеу әсерінен пайда болған тәжі разрядтағы токтың шамасын арттыру үшін электродтың меншікті кедергісін ( $\rho$ ) төмендету керек. Себебі электродтың меншікті кедергісін төмендете отырып озонатор шықпасындағы озонның концентрациясын жоғарлатуға болады. Жалпы озонатордың ток күші 5мА болған жағдайда озонның концентрациясы  $1\text{г/сағ}$  – тең деп қарастыруға болады.

2. Резервуарға жиналатын судың жалпы көлемін анықтамас бұрын алдымен резервуардың ішінде орналасқан шағын үш резервуарға жиналған судың көлемін жеке - жеке анықтау қажет. Ол үшін келесі теңдікті қолданамыз:

$$PV_1 = (a_1 \cdot b_1 \cdot h_1) + \frac{\pi(R_1^2 + r_2^2 + R_1 r_2)}{3}, \text{м}^3, \quad (5)$$

$$PV_2 = (a_2 \cdot b_2 \cdot h_2) + \frac{\pi(R_1^2 + r_2^2 + R_1 r_2)}{3}, \text{м}^3, \quad (6)$$

$$PV_3 = (a_3 \cdot b_3 \cdot h_3) + \frac{\pi(R_1^2 + r_2^2 + R_1 r_2)}{3}, \text{м}^3, \quad (7)$$

мұндағы:  $a_1 = a_2 = a_3$  – резервуардың ұзындығы,  $b_1 = b_2 = b_3$  – резервуардың ені,  $h_1 > h_2 > h_3$  – резервуарда жиналған судың деңгейі. Ал  $R_1$  және  $r_2$  резервуардың түбінде орналасқан қиық конустың үлкен және кіші радиустары,  $l$  – конустың биіктігі.

Жалпы резервуарға жиналған судың көлемін анықтау үшін 5, 6, 7 - ші теңдікті келесідей өрнекке ықшамдаймыз:

$$PV_{\text{жалпы}} = \sum_{i=1}^3 PV_i. \quad (8)$$

Немесе 8 – ші өрнекті келесідей жалпы түрде сипаттауға болады:

$$PV_{\text{жалпы}} = PV_1 + PV_2 + PV_3, \text{м}^3, \quad (9)$$

мұндағы  $PV_1 > PV_2 > PV_3$  – шағын бірінші, екінші және үшінші резервуарлардың көлемі.

Ал бұл резервуарларды су мен толтыру үшін жұмсалатын уақытты анықтау үшін алдымен насостың өнімділігін анықтау қажет. Қондырғыдағы насостың өнімділігі

$PQ = 10\text{ м}^3/\text{сағатқа}$  тең деп алсақ, онда резервуарды су мен толтыру үшін жұмсалатын уақытты келесі теңдік арқылы жеке – жеке анықтап алуға болады:

$$t_1 = \frac{t_{\text{нас.өнім}} \cdot V_1}{PQ}, \text{ мин} \quad (10)$$

$$t_2 = \frac{t_{\text{нас.өнім}} \cdot V_2}{PQ}, \text{ мин} \quad (11)$$

$$t_3 = \frac{t_{\text{нас.өнім}} \cdot V_3}{PQ}, \text{ мин} \quad (12)$$

мұндағы:  $t_{\text{нас.өнім}}$  – насосының  $10\text{ м}^3$  – резервуарға суды толтыру уақыты (шамамен 60мин.); ал  $V_1, V_2, V_3$  – бірінші, екінші және үшінші резервуардың көлемі;  $Q$  – насосының өнімділігі.

Жалпы шағын үш резервуарды сумен толтыру уақытын анықтау үшін 10, 11, 12 - шы теңдікті келесідей ықшамдаймыз:

$$t_{\text{жалпы}} = \sum_{i=1}^3 t_i \quad (13)$$

Немесе 13– ші өрнекті келесідей жалпы түрде сипаттауға болады:

$$t_{\text{жалпы}} = t_1 + t_2 + t_3, \text{ мин} \quad (14)$$

Резервуарға жиналған су құрамында әртүрлі химиялық және бактериологиялық қоспалар болғандықтан, міндетті түрде суммация эффектісі ескеріледі, яғни осы су құрамындағы химиялық және бактериологиялық қоспалардың шын мәнісіндегі концентрацияларының  $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$  өздерінің ШРК-на қатынастарының қосындылары 1-ден аспауы тиіс екенің 15 – ші теңдіктен байқауға болады:

$$\frac{C_1}{\text{ШРК}_1} + \frac{C_2}{\text{ШРК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ШРК}_n} \leq 1 \quad (15)$$

15 – ші теңдіктің оң жағы 1 – ден үлкен болып кетсе онда әр заттың концентрациясын азайту шараларын қарастыру қажет. Яғни су құрамына жіберілетін озонның мөлшерінің тиімді нүктесін қарастыру керек. Суға әртүрлі озонның мөлшерін жіберіп, шыққан нәтижені 15 – ші теңдік бойынша тексеріп отыру керек.

Жалпы жоғарыда келтірілген 15 – ші теңдікті келесідей математикалық теңдеу арқылы өрнектеуге болады:

$$f(x) = \sum_{i=1}^3 \frac{C_i}{x_i} \leq b \quad (16)$$

мұндағы:

$i = 1 \dots 3$  - су құрамындағы заттардың реттік саны;

$C_i = C_1 + \dots + C_3$  - озондалғаннан кейінгі судағы заттардың мөлшері;

$x_i = x_1 + \dots + x_3$  - су құрамындағы заттардың шекті рұқсат етілген концентрациясы;

$b$  - тұрақты шама 1-ге тең.

Технологиялық үрдіс кезінде тазартылған судың сапасы 16 – ші теңдікті қанағаттандырса судың сапасы стандартқа сай келетінін білуге болады.

Мысалы: қыс мезгілінде Қапшағай су қоймасынан алынған бастапқы жер үсті суына толығымен химиялық және микробиологиялық зертханалық сараптама жүргізгенде шекті рұқсат етілген концентрацияға сай келмейтін заттектер анықталды. Бұл заттектердің тізімі төмендегі 1 – кестеде келтірілген. Озонның мөлшеріне байланысты залалсызданған судың сапасы 16 – ші теңдеу арқылы жеке – жеке тексеріліп отырылды. Жалпы 1 – ші кестеден озонның концентрациясы 0,3 г/сағ – қа тең кездегі залалсызданған судың сапасын тексеріп көрейік:

$$\frac{3.49}{2} + \frac{47}{50} + \frac{1}{0} + \frac{0}{0} \geq 1 . \quad (17)$$

1 кесте – Шекті рұқсат етілген концентрацияға сай келмейтін заттектер

№	Заттектердің атауы	ШРК	Бастапқы судағы заттектердің мөлшері	Озондалған судың химиялық – микробиологиялық құрамы			
				Озонның мөлшері G=0.3г/сағ)	Озонның мөлшері G=0.4 г/сағ)	Озонның мөлшері G=0.5 г/сағ)	Озонның мөлшері G=0.6 г/сағ)
1	Тұнықтығы, мг/дм <sup>3</sup>	2.0	4,58	3,49	2,35	2,30	1,81
2	Жалпы микробтардың саны, (1см <sup>3</sup> )	<50	59	47	27	14	0
3	Жалпы колиформды бактериялар, (100мл)	0	1	1	0	0	0
4	Коли – индекс, (1дм <sup>3</sup> )	0	59	0	0	0	0
5	Мыс, мг/дм <sup>3</sup>	1,0	1,3	0,05	0,04	0,04	0,04
6	Жалпы темір, мг/дм <sup>3</sup>	0,3	0,8	0,03	0,03	0,03	0,03

17 – ші теңдеу 16 – ші шартты қанағаттандырмайды. Демек судың сапасы төменгі деңгейде екенін білдіреді. Ал озонның концентрациясы 0,6 г/сағ – қа тең кездегі залалсызданған судың сапасын тексеріп көрейік:

$$\frac{1,81}{2} + \frac{0}{50} + \frac{0}{0} + \frac{0}{0} \leq 1 . \quad (18)$$

18 – ші теңдеу 16 – ші шартты қанағаттандыратынын көреміз. Яғни судың сапасы МЕСТ 2874-82 стандартына сай келетінін көреміз.

Ғылыми зерттеу жұмыстарының нәтижесі бойынша озондау әдісін барлық жер үсті суларын тазартатын технологиялық әдістермен бірге қолдануға болатыны анықталды.

### Қорытынды.

Жер үсті суларын озонатор қондырғысы көмегімен тазалап, залалсыздандыру үрдісін зерттеу нәтижесі бойынша келесідей ғылыми тұжырымдама жүргізілді:

1) Су тазалау үрдісі кезінде тікелей тотығу механизмінде тотығу-тотықсыздану реакциялары пайда болды. Бейорганикалық және органикалық заттардың тотығуы

эсерінен жоғары реакция өнімдері түзілді. Мұндай әрекеттесудің мысалы ретінде сульфидтердің сульфаттарға және темірдің екінші тотығу дәрежесінен үшінші тотығу дәрежесіне дейін тотығуын келтіруге болады. Органикалық заттар, өз кезегінде, олефиндерден аминдерге, содан кейін фенолдарға, полициклді ароматты көмірсутектерге, содан кейін спирттерге, альдегидтерге және ең қарапайым, парафинді көмірсутектерге дейін тотығады.

2) Зерттеу жұмысы кезінде жанама тотығу реакцияларына озонның су молекулаларымен әрекеттесуі кезінде түзілетін гидроксил тобының белсенді радикалдарымен тотығу жүрді. Бұл үрдістің жылдамдығы озонның ыдырау дәрежесіне тікелей тәуелді болды және ағынды сулардағы ластаушы заттардың құрамына кері байланысты болды. Озондау кезінде ластаушы заттармен әрекеттесу реакцияларының механизмі олардың молекулалық салмағына және басқа қасиеттеріне байланысты екені байқалды.

3) Озонның қасиеті кез келген органикалық қосылыстарға қарсы тиімді барлық металдарды тотықтырады. Озонмен өңдеуден кейін су қажетті нормада, дәмі жағымды және тұнық болады.

4) Озонның дезинфекциялық қасиеттері барлық дәстүрлі дезинфекциялау құралдарының қасиеттерінен бірнеше есе тиімді. Табиғатта озонға төзімді микроорганизмдер жоқ және пайда болуы мүмкін емес. Бұл газ барлық бактерияларды, саңырауқұлақтарды, кисталарды, вирустарды, спораларды жояды. Мысалы, хлор және УК қарағанда озон судың толық зарарсыздығын қамтамасыз етеді.

5) Озон еритін қоспаларды тиімді байланыстырады және оларды ерімейтін түрге айналдырады.

6) Озонның жоғарыда аталған барлық қасиеттері кез келген реагенттер мен басқа шығын материалдарын пайдалану қажеттілігін жояды.

7) Хлор, марганец, қышқылдар, сілтілер, коагулянттардан айырмашылығы, озон қауіпті органикалық қосылыстар түзбейді. Ол оттегіге ыдырайды, бұл адамдар мен қоршаған орта үшін мүлдем қауіпсіз. Нәтижесінде суды қайталама ластаушы заттардан кейінгі тазалау қажет емес.

8) Судың минералдық құрамын өзгертпейді. Озондау нәтижесінде судың барлық пайдалы қасиеттері сақталады.

## ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Драгинский В.Л., Алексеева Л.П. Применение озона в технологии подготовки воды. Информационный центр «Озон». Информационные материалы, вып.2. - М., 1994.

[2] Омаров М.А., Гаджиханов Н.Н., Драгинский В.Л., Алексеева Л.П. Очистка геотермальных вод от органических загрязнений и цветности. Водоснабжение и санитарная техника. 2001. №9.

[3] Драгинский В.Л., Алексеева Л.П. Методика проведения технологических изысканий и моделирования процессов очистки воды на водопроводных станциях. НИИ КВОВ. «Водкоммунтех». - М., 2001.

[4] Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Моисеев А.В., Кутахин В.Ф., Стефанов С.И., Агафонов Ю.Н. Комплексный подход к решению технологической схемы очистки воды на Окском водозаборе г. Калуги. Водоснабжение и санитарная техника. 2003. №8.

[5] Алексеева Л.П., Драгинский В.Л. Очистка подземных вод городов Тюменского региона. Водоснабжение и санитарная техника. 2004. №10.

[6] Алексеев С.Е. Исследование процессов озонирования для интенсификации очистки сточных вод: дис. . к-та тех. наук // С.Е. Алексеев. - Москва, 2005. - 244 с.

[7] Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод// Учебник для вузов:- М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006-704 с.

[8] Алексеев С.Е. Применение озонирования для интенсификации процессов очистки природных и сточных вод // Водоочистка. 2007. - № 2. - С.23-27.

[9] Озонирование как способ очистки сточных вод от ароматических соединений // В.П. Ущенко и др. // Известия ВолгГТУ. 2008. Т. 1, № 5. -С. 79-81.

[10] Zaikov G.E., Rakovsky S.K. Ozonation of organic and polymer compounds. Smithers Rapra. Shawbury, UK, 2009, 412 p.

[11] C. Gottschalk, J.A. Libra, A.Saupe, Ozonation water and wastewater. Wiley-VCH, Berlin, 2010, 453 p.

[12] Холикулов Д.Б., Курбонов Ш.К., Абдурахманов С.А., Рахмонов И., Пулатов Б. Изучение способов получения озона. Материалы VIII международной науч.-техн. конф. «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития». -Навои, 2015.-390 с.

[13] Кондратьева О, Е., Королев И.В., Кухно А. В., Макальский Л.М., Цеханович О.М. Очистка воды от загрязняющих веществ путем использования лавиностримерных разрядов, Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 17, №5(2), 2015, 673-677 с.

[14] Макальский Л.М., Кухно А.В., Цеханович О.М. Очистка минерализованных вод подземной откачки, Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016, № 11, 266-276 с.

[15] Макальский Л.М., Цеханович О.М. Применение лавиностримерного разряда для очистки сточных вод. Вестник ВолГУ. Серия 11, Естественные науки. 2017. Т. 7. № 2 13-17 с.

[16] Макальский Л.М., Кухно А.В., Цеханович О.М. Обработка воды горных выработок для уменьшения солесодержания электроразрядными методами. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 7. 23–32 с.

[17] Макальский Л. М., Кухно А. В., Цеханович О. М. Обработка воды горных выработок для уменьшения солесодержания электроразрядными методами. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 7. С. 23–32.

## REFERENCES\*

[1] Draginsky V.L., Alekseeva L.P. Application of ozone in water treatment technology. Information center "Ozone". Informational materials, vol.2. - М., 1994.

[2] Omarov M.A., Gadzhikhanov N.N., Draginsky V.L., Alekseeva L.P. Purification of geothermal waters from organic pollutants and chromaticity. Water supply and sanitary equipment. 2001. No. 9.

[3] Draginsky V.L., Alekseeva L.P. Methodology of technological surveys and modeling of water purification processes at water supply stations. Research Institute of KVOV. Vodkommuntech. - М., 2001.

[4] Draginsky V.L., Alekseeva L.P., Moiseev A.V., Kutakhin V.F., Stefanov S.I., Agafonov Yu.N. An integrated approach to solving the technological scheme of water purification at the Oka water intake in Kaluga. Water supply and sanitary equipment. 2003. No. 8.

[5] Alekseeva L.P., Draginsky V.L. Purification of underground waters of the cities of the Tyumen region. Water supply and sanitary equipment. 2004. №10.

[6] Alekseev S.E. Investigation of ozonation processes for intensification of wastewater treatment: dis. . k-ta of technical sciences // S.E. Alekseev. - Moscow, 2005. - 244 p.

[7] Voronov Yu.V., Yakovlev S.V. Drainage and wastewater treatment// Textbook for universities:- Moscow: Publishing House of the Association of Construction Universities, 2006-704 p.

[8] Alekseev S.E. Application of ozonation for intensification of natural and wastewater treatment processes // Water treatment. 2007. - No. 2. - pp.23-27.

[9] Ozonation as a method of wastewater treatment from aromatic compounds // V.P. Gorchenko et al. // Izvestiya VolgSTU. 2008. Vol. 1, No. 5. - pp. 79-81.

[10] Zaikov G.E., Rakovsky S.K. Ozonation of organic and polimer compounds. Smithers Rapra. Shawbury, UK, 2009, 412 p.

[11] C. Gottschalk, J.A. Libra, A.Saupe, Ozonation water and wastewater. Wiley-VCH, Berlin, 2010, 453 p.

[12] Kholikulov D.B., Kurbonov Sh.K., Abdurakhmanov S.A., Rakhmonov I., Pulatov B. Study of methods for obtaining ozone. Materials of the VIII International Scientific and Technical Conference. conf. "Mining and Metallurgical complex: achievements, problems and current development trends". -Navoi, 2015.-390 p.

[13] Kondratieva O., E., Korolev I.V., Kukhno A.V., Makalsky L.M., Tsekhanovich O.M. Purification of water from pollutants by using avalanche discharges, Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, vol. 17, №5(2), 2015, 673-677 S.

[14] Makalsky L.M., Kukhno A.V., Tsekhanovich O.M. Purification of mineralized underground pumping waters, Mining information and Analytical Bulletin. 2016, No. 11, 266-276 p.

[15] Makalsky L.M., Tsekhanovich O.M. Application of avalanche discharge for wastewater treatment. Bulletin of the Volga. Series 11, Natural Sciences. 2017. Vol. 7. No. 2 13-17 p.

[16] Makalsky L.M., Kukhno A.V., Tsekhanovich O.M. Water treatment of mine workings to reduce salinity by electric discharge methods. Mining information and analytical bulletin. 2018. No. 7. 23-32 p.

[17] Makalsky L. M., Kukhno A.V., Tsekhanovich O. M. Water treatment of mine workings to reduce salinity by electric discharge methods. Mining information and analytical bulletin. 2018. No. 7. pp. 23-32.

**Askar Abdikadyrov**, candidate of technical sciences, docent, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, askar058@mail.ru

**Sungat Marxuly**, master's degree, doctoral student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, sungat50@gmail.com

**Erlan Tashtai**, candidate of technical sciences, docent, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

**Ainur Kuttybayeva**, candidate of economics sciences, senior lecturer, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

## **INVESTIGATION OF THE PROCESS OF PURIFICATION AND DISINFECTION OF SURFACE WATERS USING AN OZONATOR PLANT**

**Abstract.** In this research paper, the process of purification and disinfection of surface wastewater using ozonators is considered. Surface wastewater is residual water, rainwater, meltwater and irrigation water coming from settlements and industrial enterprises. As a rule, these wastewaters are contaminated with petroleum products and floating substances, in some cases with real substances. The problem of surface water purification largely lies in the instability of the composition and nature of pollutants. Industrial wastewater treatment is one of the main environmental problems of our time. Chemical pollution is the most widespread, permanent and large-scale. It can be organic (phenols, naphthenic acids, pesticides, etc.) and

inorganic (salts, acids, alkalis), toxic (arsenic (As), mercury (Hg), lead (Pb), cadmium (Cd), etc.) and non-toxic. Industrial wastewater treatment by ozonation is one of the most effective and modern methods. The research paper considers the problem of the process of neutralization and neutralization of harmful impurities contained in water by ozone oxidation.

**Keywords.** Ozonator installation, surface water, ozone concentration, electric corona discharge.

**Асқар Абдықадыров**, к.т.н., доцент, Satbayev University, Алматы, Қазақстан, askar058@mail.ru

**Сұңғат Марқсұлы**, магистр, докторант, Satbayev University, Алматы, Қазақстан, sungat50@gmail.com

**Ерлан Таштай**, к.т.н., доцент, Satbayev University, Алматы, Қазақстан

**Айнур Қуттыбаева**, к.э.н., старший преподаватель, Satbayev University, Алматы, Қазақстан

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ ОЗОНАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

**Аннотация.** В данной научно-исследовательской работе рассматривается процесс очистки и обеззараживания поверхностных сточных вод с помощью озонаторов. Поверхностные сточные воды — это остаточные воды, дождевые, талые и оросительные воды, поступающие из населенных пунктов и промышленных предприятий. Как правило, эти сточные воды загрязнены нефтепродуктами и плавучими веществами, в некоторых случаях - реальными веществами. Проблема очистки поверхностных вод во многом заключается в нестабильности состава и природы загрязняющих веществ. Очистка промышленных сточных вод является одной из основных экологических проблем современности. Химическое загрязнение является наиболее распространенным, постоянным и масштабным. Он может быть органическим (фенолы, нефтяные кислоты, пестициды и т. д.) и неорганическим (соли, кислоты, щелочи), токсичным (мышьяк (As), ртуть (Hg), свинец (Pb), кадмий (Cd) и т. д.) и нетоксичным. Очистка промышленных сточных вод путем озонирования является одним из наиболее эффективных и современных методов. В исследовательской работе рассмотрена проблема процесса нейтрализации и нейтрализации содержащихся в воде вредных примесей окислением озоном.

**Ключевые слова.** Озонаторная установка, поверхностная вода, концентрация озона, электрический коронный разряд.

.....