

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2022)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/UJEG4973>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.
к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов Т. А.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Алиферов А.И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Кошеков К.Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е.В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Оспанова Н. Н.,	<i>к.п.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А.Р.,	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

***Б. Б. Мырзабай¹, К. М. Дюсенов², С. Б. Садыкова³,
А. Б. Гаряев⁴**

^{1,2,3} Л. Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, 010000, Қазақстан
Республикасы Республикасы

⁴МЭИ, Мәскеу қаласы, Ресей Федерациясы

КАВИТАЦИЯЛЫҚ ӘСЕРДІҢ СУДЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ

Әр түрлі уақыт режимінде гидродинамикалық кавитация әсерінен кейін тазартылған және ағынды суларды зерттеу нәтижелері келтірілген. Кавитацияның әсер ету уақытына байланысты температураның, электр өткізгіштіктің, рН мәнінің, тотығу-тотықсыздану потенциалының, оттегінің құрамының өзгеруі тәуелділігі көрсетілген. Суды өңдеу электр қозғалтқышының қуаты 2,7 кВт роторлы типтегі кавитациялық стендте жүргізілді; жұмыс камерасының көлемі 15 л; кавитация саны $\chi=0,01$. 15 литрлік суды өңдеу суперкавитациялық стендтің көмегімен келесі параметрлермен жүзеге асырылды: электр қозғалтқышының қуаты 4 кВт, жұмыс камерасының көлемі 15 л, төрт жүзді сына тәрізді кавитатордың айналу жылдамдығы 2880 айн/мин, кавитация саны $\chi=0,01$. Сонымен қатар, белсендірілген суды кавитациялық өңдеудің оптималды белгіленген ұзақтығы анықталған. Кавитациялық әсерден кейін 30, 60, 90 және 300 сек өңдеу уақытымен үлгілерде 5 мин қадаммен 200 минут ішінде белсендірілген судың рН мәндерін өлшеу жүргізілді. 12 күн ішінде электр өткізгіштік пен рН мәні тұрақты мәнді алады, бірақ 5 күннен кейін де кавитация әсеріне дейін бастапқы мәнге оралмайды. Осы уақыт ішінде барлық үлгілер үшін рН көрсеткіштері бастапқы мәнге оралмады.

Эксперимент нәтижелері ағынды суларды тазарту үшін технологияны қолдану мүмкіндігін көрсетті.

Кілтті сөздер: кавитация технологиясы, белсендірілген су, ағынды сулар, суперкавитация, судың физика-химиялық сипаттамалары.

Кіріспе

Су жердегі барлық тіршіліктің болуында ерекше рөл атқарады. 1991 жылдан бастап жыл сайын Стокгольм халықаралық су институтының (Швеция) бастамасымен дүниежүзілік су апталығы өткізіледі. 2011 жылдың тамызында өткізілген осы іс-шараның аясында су сапасының қажетті стандарттарына қол жеткізу үшін жоғары технологиялық су тазарту және Су дайындау шешімдерін іздеуге ерекше назар аудару ұсынылды, өйткені халықты таза тұщы сумен қамтамасыз ету мәселесі өзекті бола түсуде.

Қазіргі уақытта гидродинамикалық генераторлар негізінде ластанудың кез-келген түрінен суды жоғары өнімді тазартуға арналған құрылғылар кеңінен қолданылады. Суды тиімді тазарту үшін кавитациялық генераторларды пайдалану-бұл жаңа перспективалы, энергетикалық тұрғыдан аз шығынды, қалдықсыз кавитациялық технология [1]. Соңғы жылдардағы көптеген зерттеулер оның тиімділігін көрсетеді [2,3]. Мұндай құрылғылардың шығуында таза, зарарсыздандырылған су алынады.

Гидродинамикалық генераторлардың жұмыс процесінде суда жоғары энергетикалық әсерлер пайда болады (суық қайнау немесе кавитация), бұл суды тиімді тазартуға ықпал етіп қана қоймай, оның құрылымының өзгеруіне, физикалық-химиялық және биологиялық белсенділіктің жоғарылауына әкеледі. Осыған байланысты алынған «белсендірілген» судың қасиеттерін мұқият зерттеу қажет, өйткені су қарапайым, бірақ көп жағдайда аз зерттелген зат. Белсендірілген суды алу үшін гидродинамикалық генератордың оңтайлы жұмыс режимін орнату маңызды болып табылады.

Материалдар мен зерттеу әдістері

Бірқатар жұмыстар гидродинамикалық өңдеуді әртүрлі ағынды суларды тазартудың балама реагентсіз әдісі ретінде қолданудың тиімділігін көрсетеді. Гидродинамикалық су тазартуды қолдану ағынды суларды тазарту қондырғыларының технологиялық схемасының соңғы кезеңінде аз шығынды ғана емес, сонымен қатар тиімді тазарту әдісі болып табылады [3-6].

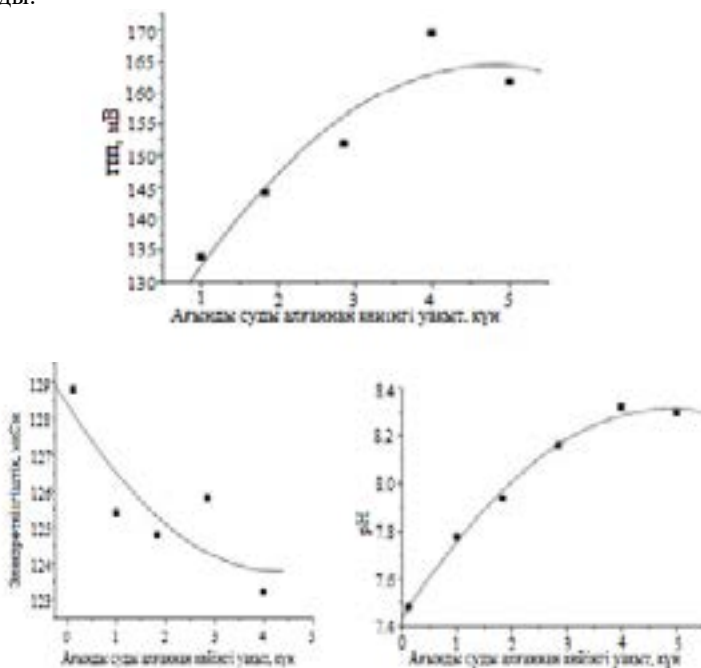
Бұл жұмыста су құбыры және дистилденген су мысалында әртүрлі факторларға байланысты оның физика-химиялық сипаттамаларының өзгеру динамикасы зерттелді: гидродинамикалық өңдеу режимдері, тұндыру уақыты, бастапқы параметрлер: сутегі рН көрсеткіші, тотығу-тотықсыздану потенциалы (ТПП), меншікті электр өткізгіштік S , еріген оттегінің концентрациясы (ЕОК). Сонымен қатар, өңдеуден кейін алынған су параметрлерінің релаксация уақыты анықталып, жаңа мәндер орнатылды. Нәтижелер белгілі бір сипаттамалары бар суды алу үшін белгілі бір өңдеу режимдері бар гидродинамикалық кавитаторды пайдалануға мүмкіндік береді.

Нәтижелер және талқылау

Тазартылған және ағын судың физикалық-химиялық параметрлері.

Кавитациялық әсердің судың қасиеттеріне әсерін зерттеудің тазалығы үшін оның бастапқы параметрлері анықталды: ТТП, электр өткізгіштік және рН. Тазартылған су алынғаннан кейін де, оны жинағаннан кейін де осы параметрлердің ауытқуы бар екендігі анықталды. Кавитациялық өңдеудің әсерін зерттеу үшін тұрақтандырылған суды пайдалану қажет, өйткені ТТП, электр өткізгіштік және рН мәндерінің ауытқуы аралас нәтижелерге әкелуі мүмкін. [7–8] жұмыстары сонымен қатар тұрақты магнит өрісіне, электромагниттік өріске және механикалық тербелістерге ұшыраған кезде судың «жасына» (дистиллят немесе ағын судың тұндыруынан кейінгі уақыт) электр өткізгіштігінің сапалық көрсеткіштеріне әсері туралы хабарлайды.

1-суретте су құбыры суын алғаннан кейін бес тәулік ішінде ТТП, электр өткізгіштік және рН өлшеу нәтижелері көрсетілген. Регрессиялық талдау әдісімен осы параметрлердің уақытқа тәуелділік теңдеулері анықталды. Ұсынылған графиктерден мәндердің ауытқуы алғашқы төрт күнде пайда болатынын көруге болады, содан кейін су тұрақты (теңдестірілген) күйге ие болады.

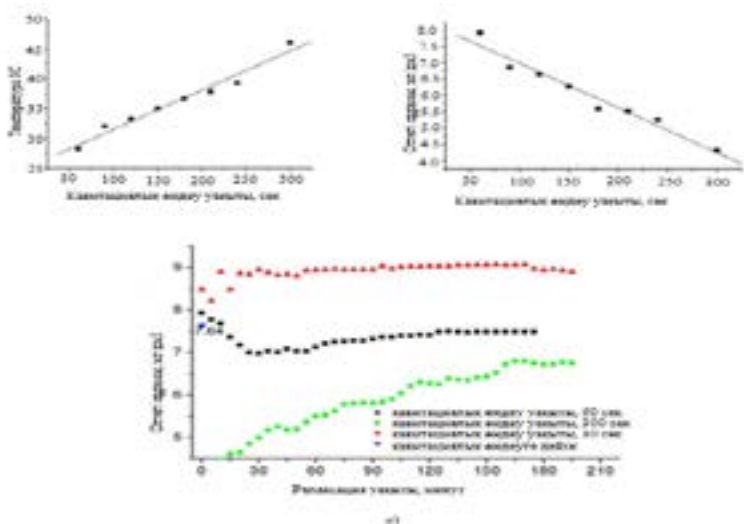


Сурет 1 – Ағын судың физикалық-химиялық параметрлерін оны жинағаннан кейін бес тәулік ішінде өзгеруі

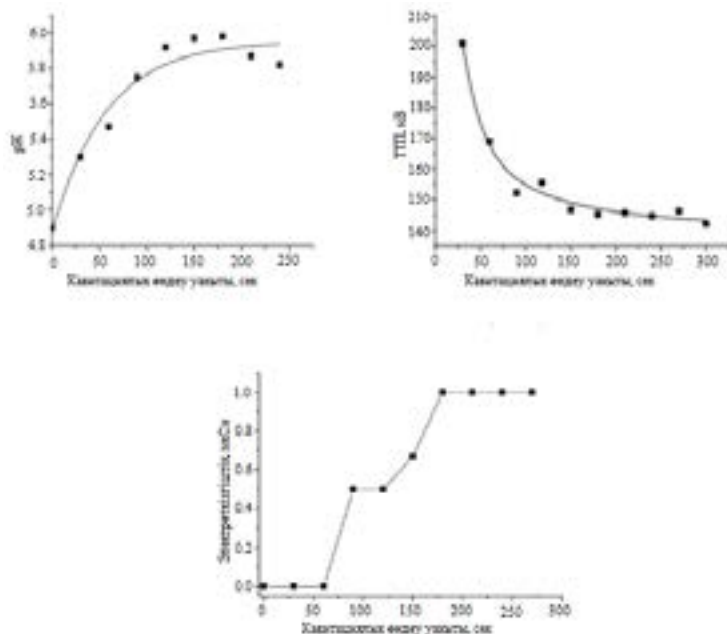
Осылайша, кавитацияның судың физика-химиялық қасиеттеріне әсерін зерттеу үшін судың «жасын» ескеру қажет, бұл жағдайда су құбырынан суды алғаннан кейін бесінші күні пайдалану керек.

Кавитациялық белсендірілген тазартылған судың физика-химиялық параметрлері

[2,3] жұмыстарда тазартылған суды өңдеудің оңтайлы параметрлері кавитация сандарына сәйкес келетіндігі анықталды. Сондықтан, тәжірибелерде өңдеу суперкавитация режимінде жүргізілді ($\chi = 0,01$), ротордың тұрақты айналу жиілігінде $n = 2880$ айн/мин. өңделген су көлемі 15 л. 2 және 3-суреттерде дистилденген судың физикалық-химиялық қасиеттерінің кавитациялық өңдеу уақытына графикалық тәуелділігі түріндегі өлшеу нәтижелері келтірілген.



Сурет 2 – Кавитациялық өңдеу уақыты мен релаксация уақытына байланысты тазартылған судың еріген оттегі концентрациясының өзгеруі



Сурет 3 – Кавитациялық өңдеу уақытына байланысты тазартылған судың физика-химиялық параметрлерінің өзгеруі

Өңдеу уақытының ұлғаюымен кавитация кезінде су температурасының 40 % – дан астам жоғарылауы байқалады. Бұл пульсацияға және кавитациялық көпіршіктердің кейінгі құлауына байланысты [1,2]. Температураның өңдеу уақытына тәуелділігі сызықтық, температураның өзгеру қарқындылығы $\text{tg} \alpha = 0,04$ түзу бұрышының тангенсімен сипатталады (сурет 2). Алынған эксперименттік деректер де жұмыс нәтижелерімен жақсы үйлеседі [2,3].

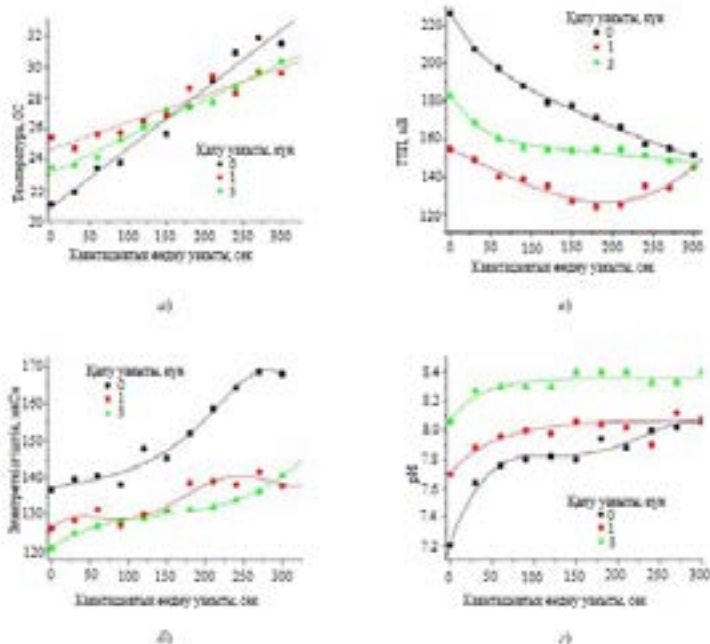
Судың ЕОК өзгеруінің кавитациялық әсер ету уақытына эксперименттік тәуелділігі 2-суретте көрсетілген әр нүкте бес өлшемнің орташа мәні бойынша салынған. ЕОК анықтаудың салыстырмалы қателігі – 2,5 %. Судағы оттегінің концентрациясы кавитацияның әсер ету уақыты ұлғайған сайын сызықтық түрде төмендейді. ЕОК өзгеру қарқындылығы түзу $\text{tg} \alpha = 0,01$ көлбеу бұрышының тангенсімен сипатталады.

30, 60, 90 және 300 сек өңдеу уақытымен үлгілерде 5 мин қадаммен ~ 200 минут ішінде белсендірілген судың ЕОК мәндерін өлшеу ЕОК мәндерінің дистилденген судың мәндеріне жақын мәндерге дейін жоғарылауы алғашқы

100 минут ішінде байқалғанын, бірақ 200 мин кезінде ЕОК бастапқы мәніне жетпегенін көрсетті (сурет 2).

3-суретте рН өңдеу уақытына тәуелділігі көрсетілген. Сутегі рН көрсеткіші кавитациялық әсер ету уақытының ұлғаюымен артады. Өңдеу уақыты 180 сек болғанда, белсендірілген судың максималды рН мәні мен бастапқы дистилляттың ($\Delta \text{pH max}$) рН арасындағы айырмашылық 1,1 болды. рН-ның ең қарқынды өзгеруі 30-90 сек аралығына сәйкес келеді, бұл диапазонда рН 15 % – ға артады, ал рН-ның максималды жоғарылауы 18 % құрайды. 30–90 сек диапазонында кавитациялық әсер ету кезінде рН өзгеру жылдамдығы 90–300 сек диапазонында әсер ету кезінде рН өзгеру жылдамдығынан екі есе дерлік жоғары.

Суды кавитациялық өңдеу процесінде ТТП жүру динамикасы 4в-суретте көрсетілген. ТТП анықтаудың салыстырмалы қателігі – 2 %. Графикте 30-90 сек аралықта ТТП-ның ең қарқынды өзгеру учаскесі байқалады. ТТП 43 % – ға төмендейді, ал ТТП-ның максималды төмендеуі 47 % құрайды, бірақ теріс мәндерді қабылдамайды. 30-90 сек диапазонында кавитациялық әсер ету кезінде ТТП өзгеру жылдамдығы 90-300 сек диапазонында әсер ету кезінде ТТП өзгеру жылдамдығынан үш есе дерлік жоғары. Айта кету керек, жұмыста [9] суға ультрадыбыспен әсер еткенде, судың рН-ның оңтайлы өзгеруі 1 минут ішінде өңделгенде байқалады. Белсендірілген судың ТТП мәндерін ~ 200 минут ішінде өңдеу уақыты 30, 60, 90 және 300 сек болатын үлгілерде 5 мин қадаммен өлшеу жүргізілді. ТТП-ны тазартылған судың мәндеріне жақын мәндер алғашқы 40 минутта байқалды.



Сурет 4 – Кавитациялық өңдеу уақытынан 1 және 5 тәулік ішінде тұндырылмаған және тұндырылған ағын судың физика-химиялық параметрлерінің тәуелділігі

Әр түрлі ұзақтықтағы (30–300 сек) кавитациялық әсерлердің тазартылған суға әсерін анықтау бойынша бірқатар эксперименттерде электр өткізгіштігінің жоғарылауы анықталды (сурет 3). Бастапқы дистилляттың электр өткізгіштік мәні 735 мкОм/см болды, бұл құрылғының төмен сезімталдығына байланысты. 30, 60 және 90 сек өңдеу уақытымен үлгілерде 5 мин қадаммен ~200 минут ішінде белсендірілген судың электр өткізгіштігі өзгерді және 719 мкм /см-ге тең болды [10].

Кавитациялық белсендірілген ағын суының физика-химиялық параметрлері

Ағын судың физика-химиялық параметрлерін зерттеу дистилденген суға арналған зерттеулерге ұқсас жүргізілді: кавитация саны $\chi = 0,01$; ротордың айналу жиілігі $n = 2880$ айн/мин; өңделетін су көлемі 15 л. экспериментте әр түрлі тұндыру уақыты бар ағын су пайдаланылды (оны тергеннен кейінгі уақыт): 0, 1 және 5 күн. Эксперименттердің нәтижелері 4-суретте графикалық түрде берілген.

Өңдеу уақытының ұлғаюымен кавитация кезінде 3 үлгі үшін су температурасының шамамен 30 % жоғарылауы байқалады (сурет 4а). Температураның өңдеу уақытына тәуелділігі сызықтық, судың тұндыру уақыты ұлғайған сайын температураның өзгеру қарқындылығы төмендейді: $tg\alpha=0,02-0,04$. Графикалық тәуелділіктерден 180 сек суға кавитациялық әсер ету кезінде үш түзудің жалпы нүктесін ажыратуға болады.

Өңдеу уақытының ұлғаюымен кавитация кезінде үш үлгі үшін су температурасының шамамен 30 % жоғарылауы байқалады (сурет 4а). Температураның өңдеу уақытына тәуелділігі сызықтық, судың тұндыру уақыты ұлғайған сайын температураның өзгеру қарқындылығы төмендейді: $tg\alpha=0,02-0,04$. Графикалық тәуелділіктерден 180 сек суға кавитациялық әсер ету кезінде үш түзудің жалпы нүктесін ажыратуға болады.

Кавитациялық өңдеу кезінде судың электр өткізгіштігінің мәні кавитация уақыты мен тұндыру уақыты ұлғайған сайын өсті. Электр өткізгіштігінің ең қарқынды өзгеруі тұрақсыз су үшін байқалды (сурет 4б).

Суды кавитациялық өңдеу процесінде ТТП жүру динамикасы 4в-суретте көрсетілген. ТТП анықтаудағы салыстырмалы қателік 35 % құрады. Графикте тұрақсыз су үшін 30–220 сек және 1 және 5 тәулік ішінде орныққан су үшін 30–90 сек интервалында ТТП неғұрлым қарқынды өзгеру учаскесі байқалады. ТТП тиісінше 23,9 және 20 % - ға төмендейді, бірақ теріс мәндерді қабылдамайды. 30–90 с диапазонында кавитациялық әсер ету кезінде ТТП өзгеру жылдамдығы тұндырылған су үшін 90–300 с диапазонында әсер ету кезінде ТТП өзгеру жылдамдығынан үш есе дерлік жоғары. 4г суретте рН өңдеу уақытына тәуелділігі көрсетілген. Сутегі рН көрсеткіші кавитациялық әсер ету уақытының ұлғаюымен артады. рН-ның ең қарқынды өзгеруі, тазартылған су сияқты, 30–90 сек аралығына сәйкес келеді.

Сондай-ақ, екі режиміндегі кавитация әрекетін салыстыру үшін жоғарыда сипатталған су параметрлерінің тәуелділігі келтірілген. Кавитация режимі үшін барлық параметрлердің неғұрлым қарқынды өзгерісі байқалды. $\chi = 0,01$ кавитация режимі үшін 5 мин қадаммен ~ 200 минут ішінде және өңдеу уақыты 30, 60 және 150 сек болатын үлгілерде 1 тәулік қадаммен 4 күн ішінде белсендірілген тұрақсыз судың ТТП, рН және электр өткізгіштігінің мәндерін өлшеу жүргізілді, одан соң ТТП тұрақты мәнге ие болды.

Қорытынды

Судың гидродинамикалық кавитациялық әсерге реакциясын эксперименттік зерттеу жүргізілді, кавитация сандарында $\chi = 0,01$ және әсер ету уақытына байланысты ротордың айналу сандары 2880 айн/мин. Судың физика-химиялық қасиеттерінің өзгерістері анықталды (электр өткізгіштік, сутегі көрсеткіші (рН), тотығу-тотықсыздану потенциалы, оттегі мөлшері және т.б.), суды кавитациялық өңдеудің ұтымды ұзақтығы белгіленді. Бұл

жағдайда температура, рН және электр өткізгіштігінің жоғарылауы, ТТП және ЕОК төмендеуі байқалады. рН мен ТТП-нің ең қарқынды өзгеруімен уақыт диапазоны анықталды. 30–90 сек аралығындағы рН мен ТТП шамасының өзгеру жылдамдығы 90–300 сек аралығынан үш және екі есе жоғары. Бұл нәтижелер ультрадыбыстың (44 кГц) суға әсерін зерттеу нәтижелерімен жақсы корреляцияланады.

рН максималды мәніне 180 сек кавитациялық әсер ету арқылы қол жеткізілетіні анықталды. ТТП минималды мәні 300 сек кавитациялық өңдеу кезінде қабылданады, бірақ оң мәнгер аймағында қалады.

Релаксация кезінде гидродинамикалық кавитациялық өңдеудің барлық өлшенген параметрлері (температура, ЕОК, рН, ТТП, электр өткізгіштік) кезінде 200 минут ішінде өңдеуден кейін белсендірілген су бастапқы күйіне қайтарылмайтыны көрсетілген.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Ивченко, В. М., Кулагин, В. А. Немчин, А. Ф.** Кавитационная технология. Красноярск : Изд-во КГУ, 1990. 200 с.

2 **Демиденко, Н. Д., Кулагин, В. А., Шокин, Ю. И.** Моделирование и вычислительные технологии распределенных систем. Новосибирск: Наука, 2012. 424 с.

3 **Dubrovskaja, O. G., Yevstigneev, V. V., Kulagin, V. A.** // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies, 6 (2013 6) 680–689 с.;

4 **Кулагин, В. А., Евстигнеев, В. В.** // Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. 2009. Т. 14. № 6. С. 242–245.

5 **Дубровская, О. Г., Кулагин, В. А.** // Вестник КрасГАУ. 2007. № 2 (17). С. 146–153.

6 **Дубровская, О. Г., Евстигнеев, В. В., Кулагин, В. А.** // Безопасность жизнедеятельности. 2012. № 3. С. 26–30.

7 **Степанян, Р. С., Айрапетян, Г. С., Аракелян, А. Г.** и др. // Биофизика. 1999. Т. 44. Вып. 2. С. 197–202.

8 **Дерпгольц, В. Ф.** Мир воды. Л. : Недра, 1979. 254 с.

9 **Букастый, В. И., Нестерюк, П. И.** // Ползуновский вестник. 2010. № 2. С. 60–65.

10 **Стебелева, О. П., Сапожникова, Е. С., Криволучский, А. С.** // Вестник ассоциации выпускников КГТУ. Красноярск: ПИК «Офсет», 2011. С. 78–83.

REFERENCES

- 1 **Ivchenko, V. M., Kulagin, V. A. Nemchin, A. F.** Kavitatsionnaya tekhnologiya [Cavitation technology] – Krasnoyarsk: Izd-vo KGU, 1990. 200 p.
- 2 **Demidenko, N. D., Kulagin, V. A., Shokin, U. I.** Modelirovaniye i vychislitel'nyye tekhnologii raspredelennykh sistem [Modeling and computing technologies of distributed systems] – Novosibirsk : Nauka, 2012. 424 p.
- 3 **Dubrovskaya, O. G., Yevstigneyev, V. V., Kulagin, V. A.** // Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Inzheneriya i tekhnologii, 6 (2013 6) 680–689 p.
- 4 **Kulagin, V. A., Yevstigneyev, V. V.** // Vestnik Mezhdunarodnoy akademii nauk ob okruzhayushchey srede i bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti [Bulletin of the International Academy of Environmental Sciences and Life Safety] – 2009. T. 14. № 6. P. 242–245.
- 5 **Dubrovskaya, O. G., Kulagin, V. A.** // Vestnik KrasGAU [Bulletin of KrasGAU]- 2007. № 2 (17). p. 146–153.
- 6 **Dubrovskaya, O. G., Yevstigneyev, V. V., Kulagin, V. A.** // Bezopasnost' zhizni [Life safety]. 2012. № 3. P. 26–30.
- 7 **Stepanyan, R. S., Ayrapetyan, G. S., Arakelyan, A. G.** i t.p. // Biofizika [Biophysics]. 1999. T. 44. Vyp. 2. P. 197–202.
- 8 **Derfol'ts, V. F.** Mir vody [The world of water]. L. : Nedra, 1979. 254 p.
- 9 **Bukatiy, V. I., Nesteryuk, P. I.** // Polzunovskiy vestnik [Polzunovsky Bulletin]. 2010. № 2. P. 60–65.
- 10 **Stebeleva, O. P., Sapozhnikova, Ye. S., Krivolutskiy, A. S.** // Vestnik obyedineniya vypusnikov KGTU [Bulletin of the KSTU graduates Association]. Krasnoyarsk : PIK «Ofset», 2011. P. 78–83.

Материал баспаға 15.12.22 түсті.

***Б. Б. Мырзабай¹, К. М. Дюсенов², С. Б. Садыкова³, А. Б. Гаряев⁴**

^{1,2,3}ЕНУ имени Л. Н. Гумилев, Республика Казахстан, г. Астана,

⁴МЭИ, Российская Федерация, г. Москва,

Материал поступил в редакцию 15.12.22.

ВЛИЯНИЕ КАВИТАЦИОННОГО ЭФФЕКТА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ

Приведены результаты исследований очищенных и сточных вод после воздействия гидродинамической кавитации в различных временных интервалах. В зависимости от времени действия кавитации показано изменение температуры, электропроводности, значения рН, окислительно-восстановительного потенциала, содержания

кислорода. Обработка воды производилась на кавитационном стенде роторного типа мощностью электродвигателя 2,7 кВт; объем рабочей камеры 15 л; Количество кавитации $\chi=0,01$. Обработка 15-литровой воды осуществлялась с помощью суперкавитационного стенда со следующими параметрами: мощность электродвигателя 4 кВт, объем рабочей камеры 15 л, скорость вращения четырехлопастного клиновидного кавитатора 2880 об/мин, Количество кавитации $\chi = 0,01$. кроме того, определена оптимальная заданная продолжительность кавитационной обработки активированной воды. После кавитационного воздействия в образцах со временем обработки 30, 60, 90 и 300 сек проводили измерение значений pH активированной воды в течение 200 минут с шагом 5 мин. В течение 12 дней электропроводность и значение pH получают постоянное значение, но не возвращаются к исходному значению до эффекта кавитации даже через 5 дней. За это время показатели pH для всех образцов не вернулись к исходному значению.

Результаты эксперимента показали возможность использования технологии для очистки сточных вод.

Ключевые слова: технология кавитации, активированная вода, сточные воды, суперкавитация, физико-химические характеристики воды.

*B. B. Myrzabai¹, K. M. Dyusenov², S. B. Sadykova³, A. B. Garyaev⁴

^{1,2,3} L. N. Gumilev ENU, Republic of Republic of Kazakhstan, Astana,

⁴MPEI, Russian Federation, Moscow

Material received on 15.12.22

INFLUENCE OF CAVITATION EFFECT ON PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF WATER

The results of the study of treated and wastewater after the action of hydrodynamic cavitation in different time modes are presented. Depending on the time of action of cavitation, changes in temperature, electrical conductivity, pH value, redox potential, and oxygen content are shown. Water treatment was carried out on a rotor-type cavitation stand with an electric motor power of 2.7 kW; the volume of the working chamber is 15 L; the number of cavitation $\chi=0.01$. The processing of 15 liters of water was carried out using a supercavitation stand with the following parameters: the power of the electric motor is 4 kW, the volume of the working chamber is 15 L, the rotation speed of the four-bladed wedge-shaped Cavitator is

2880 rpm, the number of cavitation $\chi = 0.01$. After cavitation exposure, measurements of the pH values of activated water were carried out in samples with a processing time of 30, 60, 90 and 300 seconds in 5 min increments for 200 minutes. Within 12 days, the electrical conductivity and pH value acquire a constant value, but even after 5 days it does not return to the original value until the cavitation effect. During this time, the PH indicators for all samples did not return to the original value.

The results of the experiment showed the possibility of using technology for wastewater treatment.

Keywords: cavitation technology, activated water, wastewater, supercavitation, physico-chemical characteristics of water.

Теруге 15.12.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2022 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

3,44 Mb RAM

Шартты баспа табағы 23.59. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4019

Сдано в набор 15.12.2022 г. Подписано в печать 30.12.2022 г.

Электронное издание

3,44 Mb RAM

Усл. печ. л. 23.59. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4019

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар к., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар к., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz