

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН УЛУТТУК ИЛИМДЕР АКАДЕМИЯСЫ  
ТҮШТҮК БӨЛҮМ  
А.С.ДЖАМАНБАЕВ АТЫНДАГЫ ЖАРАТЫЛЫШ БАЙЛЫКТАРЫ  
ИНСТИТУТУ

---

Кол жазма укугунда  
УДК 621.436.982+629.5.06

Абдалиев Урмат Калмаматович

**КАВИТАЦИЯ ЭФФЕКТИН КОЛДОНУУ МЕНЕН СУУ-ЭМУЛЬСИЯЛЫК  
КҮЙҮҮЧҮ АРАЛАШМАНЫ ИЗИЛДӨӨ ЖАНА АНЫ АЛУУНУН  
ТЕХНОЛОГИЯСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ**

Адистик: 01.04.07 – конденсацияланган абалдын физикасы

техника илимдеринин кандидаты илимий даражасын алууга жазылган  
**д и с с е р т а ц и я**

Илимий жетекчи: ф.-м.и.д., профессор Ташполотов Ы.

Ош - 2016

## МАЗМУНУ

КИРИШҮҮ.....	4
<b>I ГЛАВА. СУРООНУН КОЮЛУШУ ЖАНА ИЗИЛДЕНҮҮЧҮ МАСЕЛЕЛЕР</b>	
1.1 Кавитацияны жаратуучу усулдар.....	11
1.2 Гидродинамикалык кавитациянын физикалык негиздери.....	15
1.3 Электромагниттик талаанын суунун касиеттерине тийгизген таасири...	18
1.4 Суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманы алуу.....	19
1.5 Максаты жана изилдөө маселелери.....	21
<b>II ГЛАВА. КАВИТАЦИЯЛЫК ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫН НЕГИЗДЕРИ</b>	
2.1 Электромагниттик талаанын таасиринде суунун структуралык өзгөрүшү..	23
2.2 Кавитациялык көбүкчөлөрдүн пайда болуусундагы тең салмаксыз процесстер .....	28
2.3 Гидродинамикалык кавитациянын таасиринде жылуулукту алуунун термодинамикалык негиздери.....	33
2.4 Кавитация процессинде суунун электрленүүсү.....	38
2.5 Суспензиянын физика-технологиялык касиеттерине кавитация эффектинин тийгизген таасири .....	42
<b>III ГЛАВА. КАВИТАЦИЯ ЖАНА ЭЛЕКТРОМАГНИТТИК ТААСИР ЭТҮҮНҮН НЕГИЗИНДЕ СУУ-ЭМУЛЬСИЯЛЫК КҮЙҮҮЧҮ АРАЛАШМАНЫ АЛУУНУН ТЕХНОЛОГИЯСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ</b>	
3.1 Кавитацияны генерирлөөчү түзүлүштү түзүү .....	47
3.2 Суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманы алуунун технологиясы .....	52
3.3 Электромагниттик талаанын таасириндеги суунун структуралык түзүлүшү жана суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманы алуу .....	59
3.4 Жылуулук генераторун жаратуу үчүн сууну кавитациялык иштетүү ...	65
3.5 Электр тогун алуу үчүн сууну кавитациялык иштетүү .....	68
3.6 Суу-эмульсиялык аралашманын күйүү процесси .....	71

## IV ГЛАВА. ИШТЕЛИП ЧЫККАН ТЕХНОЛОГИЯНЫН ИЛИМДИН ТҮРДҮҮ ТАРМАКТАРЫНДА, ТЕХНИКАДА ЖАНА АЙЫЛ ЧАРБАСЫНДАГЫ ПРАКТИКАЛЫК КОЛДОНУЛУШТАРЫ

4.1 Суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманын от казандарындагы колдонулушу.....	77
4.2 Нанофазалык материалдарды алууда кавитациялык технологиянын колдонулушу .....	79
4.3 Кавитация эффекти негизинде агын сууларды зыянсыздандыруу.....	84
4.4 Кавитация эффектинин негизиндеги жылуулук генератору .....	91
4.5 Күн нурунун жана кавитация эффектинин негизинде иштөөчү күн-кавитациялык түзүлүшүн жаратуу .....	93
4.6 Суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманы пайдалануудагы техника-экономикалык эффективдүүлүк .....	101
ДИССЕРТАЦИЯЛЫК ЖУМУШТУН НЕГИЗГИ ЖЫЙЫНТЫКТАРЫ .....	108
ПАЙДАЛАНЫЛГАН АДАБИЯТТАРДЫН ТИЗМЕСИ.....	109
<i>Тиркеме 1.</i> Ош шаарындагы Жылуулук борборунда (ТЭЦ) кавитация эффектинин негизинде жылуу суу алуунун технологиясын колдонуу боюнча АКТы .....	119
<i>Тиркеме 2.</i> Ош шаарындагы “Жылуулук камсыздоо” (Теплоснабжение) муниципалдык ишканасында энергия жана жаратылыш байлыктарын үнөмдөөчү суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманы алуунун технологиясын колдонуу боюнча АКТы . .....	121

## КИРИШҮҮ

Жүмүштүн актуалдуулугу. Дүйнөлүк илимий-техникалык прогрестин өнүгүшү, жашоо чөлкөмдөрдүн кеңейиши жана жашоо шарттардын жакшыртылышы кескин *энергиялык керектөөнүн* өсүшүнө алып келди. Чет элдик окмуштуулар ХХІ кылымдын башталышын дүйнөлүк энергетикалык системанын өнүгүүсүнүн өткөөл мезгили деп баалап жатышат. Ошондуктан энергетикалык системада энергияны үнөмдөө, экологиялык коопсуз шарттарда иштөө актуалдуу болуп саналат.

Мындай маселелерди чечүүдө суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманы пайдалануу да жакшы натыйжаларды берет. Суу-эмульсиялык күйүүчү аралашма кээ бир таңкыс болгон күйүүчү заттарды алмаштырып, экономдоого шарт түзөт. Күйүү процессин интенсивдештирет, зыяндуу заттардын бөлүнүп чыгуусун азайтат. Мындан суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманы жаратылыштагы өздүк ресурстардан жаратып пайдалануу актуалдуу маселелерден болору келип чыгат.

Краснованын [55] композиттик күйүүчү затын алуунун негизинде, австриялык ойлоп табуучу Шаубергер [91] сунуштагандай турбуленция усулунда сууну витализациялоо принциби жатат. Чындыгында, жаратылыштагы суу агуусунда табигый тоскоолдуктарга урунуу менен айланууга, томолонууга дуушар болот. Турбуленциянын таасиринде суунун структуралык түзүлүшү өзгөрөт, зыяндуу заттардан тазаланат, беттик чыңалуусу төмөндөйт. Табигый турбуленттик процесс, абадан газдарды жутуу орун алган жамгыр сууларында да орун алат. Качан суу бууланганда бул структуралык түзүлүш бузулат да, ар бир кластерде экиден ашпаган молекула калат.

Азыркы мезгилде суюктуктардын айлануу кыймылдары боюнча Потапов Ю.С., Фоминский Л.П., Шаубергер В., Прилуцкий В.И., Бахир В.М., Ивченко В.М., Кулагин В.А., Немчин А.Ф., Бирюков Д.А., Герасимов Д.Н., Синкевич О.А. ж.б. окумуштуулар, жогорку кинетикалык жана башка энергиядагы суюктуктардын кагылышуусунан эки же андан көп түрдүү

компонеттерден турган туруктуу күйүүчү аралашманы алуу максатында Илимий изилдөө институттары, Илимий борборлор изилдөөлөрдү жүргүзүшүүдө [31,42,45,52,69,74,91,94]. Чындыгында турбуленттүүлүктү жаратуучу түзүлүш аркылуу сууну өткөрсөк, суунун структуралык жайгашуусу жана энергиялык каныгуусу орун алат [45,51,93,94].

Илимий көз карашта “структуралык түзүлүшкө келген суу” б.а. регулярдык структурадагы суу термини эзелтен эле белгилүү жана суунун кластердик моделдик түзүлүшү менен байланышта [94]. Суунун физикалык касиеттеринин өзгөчөлүгү, суунун молекулаларындагы көп сандаган суутек жана кычкылтектердин коңушу атомдор менен суутектик байланыштары өзгөчө структуралык-асоциаттардын (кластерлер) пайда болуусун, маалыматтардын кабыл алуучулугун, сактоочулугун жана таратуучулугун пайда кыла тургандыгы илимде далилденген. Суунун структуралык бирдиги болуп, кулондук аракеттенишүүдөгү суунун өздүк молекуласын түзгөн кластер саналат. Суунун кластерлериндеги кычкылтектин жана суутектин атомдорундагы коваленттик жана суутектик байланыштардын өз ара аракеттенишүүлөрүнөн, кластердин ичинде протонду делокализациялоого алып келүүчү протондун ( $H^+$ ) миграциясы жүрүшү мүмкүн [23,39,56].

Жаратылышта көптөгөн структуралык өзгөрүүлөргө алып келүүчү факторлор кезигет, мисалы, турактуу магнит жана электр талааларынан суунун молекуласынын поляризацияланышы орун алат б.а. суу касиети боюнча өзгөрүп, өзгөчө структуралык түзүлүшкө келет [23,35]. Ушундай эле факторлорго түрдүү нурдантуулар, талаалар, механикалык таасирлер (түрдүү интенсивдүүлүктөгү аралаштыруулар ж.б.), кавитация жана башка мүмкүн болгон таасирлердин баары киришет. Мындай структуралык түзүлүштөгү суу активдешкен болуп, жаңы касиеттерге ээ болуп калат [43,45,52].

Гидродинамикалык урунуу жана электромагниттик талаанын биргеликтеги таасиринен [23,35,41,58]:

– иштетилип жаткан суюктук стерилизацияланган абалына келет;

- башта аралашпаган суюктуктар (бензин-суу, мазут-суу ж.б.) туруктуу аралашмага айланат;
- нефтипродуктарынын жаңы структуралык түзүлүшүнө өтүшү менен полимердик чынжырларынын үзүлүүсүнө алып келет;
- суюктуктагы майда катуу бөлүкчөлөрдүн микродеңгээлге чейинки майдалануусуна алып келет (диспергирования);
- иштетилип жаткан продукция гомогенизацияланат;
- химиялык реакция ондогон, миңдеген эсе интенсивдешет;
- жана дагы башкалар.

Суу-май тибиндеги эмульсиянын тамчысы микротамчылар түрүндө бөлүштүрүлгөн суунун тамчыларынан турган күйүүчү зат тибиндеги татаал системаны берет. Күйүүчү заттын бетиндеги бөлүкчөлөрдүн температурасы менен күйүүчү заттын ичинде бөлүштүрүлгөн микротамчы суунун, кайноо температуралары баштагыдай эле калып, айырмасы 70-200<sup>0</sup>С жетет [78]. Мына ошондуктан, эмульсиянын тамчысынын ичиндеги суунун микротамчысы, ысытуудан биринчилерден бууга айланат да, күйүүчү заттын пленкасынан турган буу көбүкчөсүн пайда кылат. Күйүүчү пленканын бетинен бөлүкчөлөрдүн бөлүнүп чыгуусунан, пленка жукарат. Суу буусунун басым күчү, пленканын беттик тартылуу күчүнөн чоңдук кылганда, көбүкчөнүн жарылуусуна алып келет.

Эмульсиялык күйүүчү заттын бир бөлүкчөсүнүн жарылуусу көлөм ичинде жүрүп, күйүүчү заттын буусунун абадагы кычкылтек менен кошумча аралашуусун шарттап, түрдүү багыттарга чачырайт [41,58]. Бул күйүү процессин жакшыртат жана эмульсиянын күйүүсү суусуз күйүүчү заттын күйүүсүнө караганда да тез жүрүшү мүмкүн экендигин көрсөтөт. Бул экономикалык жана энергиялык үнөмдөөгө алып келет.

Жогорудагы айтылгандардан кавитация эффекттин жана электромагниттик активдештирүү усулун пайдалануу менен жаратылыштагы өздүк минералдык-сырьелук ресурстардан суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманы жаратуу актуалдуу маселелерден экендиги келип чыгат.

**Жүмүштүн максаты:** кавитация эффекттин жана электромагниттик талаада активдештирүү усулун пайдалануу менен жаратылыштагы минералдык-сырьелук ресурстардан суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманы жаратуунун илимий-технологиялык негиздерин иштеп чыгуу.

Бул максатка жетүү үчүн төмөнкүдөй маселелер каралган:

- Кыргызстандагы минералдык-сырьелук жана күйүүчү ресурстардан суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманы жаратуунун технологиясын иштеп чыгуу;
- Электр жана магниттик талаалардын жана гидродинамикалык кавитациянын таасирлеринен кийинки суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманын физика-химиялык жана технологиялык касиеттерин изилдөө;
- Тажырыйбалык-конструктордук жана изилдөө иштерин жүргүзүү.

**Жүмүштүн илимий жаңылыктары:**

- Терең диспергирленген, бир тектүү, 2ден 50% ке чейинки концентрация катышындагы тибиндеги суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманы алууда гидродинамикалык кавитация эффектисин пайдалануу, ошондой эле аралашманы жаратууда электромагниттик таасирден структуралык түзүлүшкө келген сууну колдонуунун принципиалдык мүмкүнчүлүгү көрсөтүлгөн;
- Эмульсияны алууда белгилүү усулдарга салыштырмалуу гидродинамикалык жана айлантуу технологиялары жогорку энергетикалык эффективдүүлүктө болору, каралган усул өндүрүшкө колдонууга болору ырасталган эмульсиянын техника-технологиялык мүнөздөмөлөрү аныкталган;
- Кавитация эффекти жана электромагниттик талаалар суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманын физика-технологиялык касиеттерине таасир этери көрсөтүлдү;
- Гидродинамикалык кавитация негизинде жылуулук алуунун термодинамикалык негизи иштелип чыгарылды жана суу-эмульсиялык аралашманын күйүү процесси үйрөнүлдү;
- Гидродинамикалык кавитация процесси учурунда суу жылуулуктун жана электр тогунун булагы болуп калаары аныкталды;

- Кавитация учурунда ар кандай суунун зыянсыздандырылары көрсөтүлдү;
- Алынган жыйынтыктардын илимий жаңылык экендиги үч автордук күбөлүк менен ырасталды.

#### **Алынган жыйынтыктардын практикалык мааниси:**

- суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманы алуунун иштелип чыгарылган технологиясы отунду үнөмдөйт, күйүүнү жакшыртат, өздүк минералдык-сырьелук ресурстарды өндүрүшкө колдонот;
- калың катмар арасында социалдык-экономикалык шартта төмөнкү өздүк баада иштелип чыгарылган технология колдонулуп, үй шарттарын жакшыртып, отун-энергетикалык ресурстарын үнөмдөйт;
- Ош шаарындагы организацияларга (ТЭЦ, Жылуулук камсыздоо) изилдөө жыйынтыктары колдонууга киргизилди. Колдонууга киргизилген Актылар, жумуштун аягындагы тиркемелерде берилди.

#### **Илимий жыйынтыктарды алууда автордун жеке катышуусу**

Улуттук илимдер академиясынын Түштүк бөлүмүнүн Жаратылыш байлыктары институтунда бир нече жылдар арасында, автордун катышуусунда, кавитация эффекттин колдонуу менен суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманы алуунун технологиясын изилдөө жана иштеп чыгуу иштери жүргүзүлдү.

Автор тарабынан эксперименталдык түзүлүштүн негизги элементтери даярдалды жана анын негизинде суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманын физика-химиялык, техника-экономикалык мүнөздөмөлөрү изилденди. Диссертацияда көрсөтүлгөн жыйынтыктар автордун такай катышуусу менен алынган.

Илимий жетекчинин диссертациялык иштин илимий багытын аныктоодо жана теманы коюуда, жыйынтыктарды жалпылоодо катыштыгы бар.

**Жумуштун апробациясы.** Диссертациялык жумуштун негизги материалдары: «Физика и физические образование: достижения, перспективы, развития» деген аталыштагы академик А.Жайнаковдун 70 жылдык мааракесине арналган III эл аралык конференциясында (2011-жыл, Бишкек шаары); «Проблемы обеспечения продовольственной безопасности Кыргызской Республики» деген аталыштагы илимий-практикалык конференциясында (2012-жыл, Ош шаары);



«Актуальные вопросы образования, науки, культуры и роль Ошского государственного университета в устойчивом развитии и расширении международной интеграции в образовательное пространство» деген аталыштагы ОшМУнун 75 жылдыгына арналган эл аралык илимий конференциясында (2014-жыл, Ош шаары); «Наука в эпоху дисбалансов» деген аталыштагы эл аралык конференциясында (2014-жыл, Киев шаары); Улуттук илимдер академиясынын Түштүк бөлүмүнүн А.С. Джаманбаев атындагы жаратылыш байлыктары институтунун жана институттагы “Келечектүү технологиялар жана материалдар” лабораториясынын илимий семинарларында угулду жана талкууланды.

Жумуштун толук материалы Улуттук илимдер академиясынын Түштүк бөлүмүнүн А.С. Джаманбаев атындагы жаратылыш байлыктары институтунун “Келечектүү технологиялар жана материалдар” лабораториясынын илимий семинарында, УИА ТБнын Жаратылыш байлыктары институтунун окумуштуулар кеңешинде, Ош мамлекеттик университетинин, Ош технологиялык университетинин илимий-техникалык кеңештеринде угулду жана талкууланды.

**Диссертациялык жумуш боюнча илимий басылмалар.** Каралган диссертациянын негизги материалдары 10 илимий макала жана 1 тезис катарында илимий журналдарда жарыяланган, 8 макала электрондук тезис катарында интернеттен орун алган. Алардан: 1 макала "Наука в эпоху дисбалансов" журналында (Украина, Киев шаары), 1 макала "Новости науки Казахстана" журналында (Казакстан, Алмата шаары), Кыргыз Республикасынын Бишкек шаарында "Наука и новые технологии" журналында 1 макала, 1 докладдын тезиси "Известия КГТУ" журналында, Ош шаарында: 3 макала Ош мамлекеттик университетинин "Вестник ОшГУ" журналында, 2 макала КУУнун "Наука, образование, техника" журналында, 2 макала УИА ТБ нын "Вестник" журналынан жарык көргөн. Анын ичинен 3 макала жана 1 тезис автордун жеке өзүнүн атынан басмадан чыгарылган.

Эки автордук күбөлүк, бир автордук патент алынган.

**Жүмүштүн структурасы жана көлөмү.** Диссертациялык жумуш киришүүдөн, 4 бөлүктөн, жыйынтыктардан, колдонулган адабияттардын тизмесинен жана тиркемеден турат. Жумуш 122 беттен турат жана анын ичинде 11 сүрөттөр, 19 таблицалар жана 101 колдонулган адабияттардын тизмеси камтылган.

Тиркемеде жумуштун жыйынтыктары боюнча колдонулу Актлары жана аныктамалар келтирилген.

# **I ГЛАВА. СУРООНУН КОЮЛУШУ ЖАНА ИЗИЛДЕНУУЧУ МАСЕЛЕЛЕР**

Суу Жер үчүн, адам баласы үчүн пайдалуу болуп экологиялык таза, технологиялык процесстерде практикалык коопсуз, эритүүчүлүк касиеттерге ээ болгон зат [91,94]. Критикалык шарттарда суу, уюлдуу суюктуктан уюлсуз чөйрөгө айланат [20].

Сууну түрдүү критикалык шарттарда (жогорку температура, басым ж.б.) изилдөө, ушул күндө да жүргүзүлүп келет [42,31,91,93].

Эгерде сууну айланууну жаратуучу түзүлүш аркылуу жүгүртсөк, анда суу өзгөчө структуралык түзүлүшкө өтүп, энергиялык каныккан абалга келет. Активдешкен сууну башка заттар менен аралаштырсак туруктуу аралашма алынат [31,40].

## **1.1 Кавитацияны жаратуучу усулдар**

Кавитация – бул өздүк басымдын төмөндөөсүнөн, суюктуктун бир тектүүлүгүнүн бузулуусу. Эгерде тамчы суюктуктардын кыймылынын агымында чоң өздүк ылдамдыктын пайда болушунан, басымдын төмөндөөсү орун алса, анда гидродинамикалык кавитация деп аталат, эгерде акустикалык толкундун суюктуктар аркылуу өтүүсүнүн таасиринен орун алса, анда акустикалык кавитация деп аталат. Чөйрөнүн берилген температурасына туура келген каныккан буунун басымынын чоңдугунан, качан суюктуктун кээ бир чекиттериндеги өздүк басымдары кичине болгон мезгилде, негизинен кавитациялык көбүкчөлөр аталган фазалык боштуктарды жаратуу менен, суюктук башка абалга өтөт [42,52].

Көбүкчөлөрдүн жарылуусундагы бөлүнүп чыккан энергиясы урунуу толкунунун нурдануусуна, тилкелердин кавитациялык кысылуусунан газдын локалдык ысышына, эркин радикалдарды пайда кылуусунда сонолюминесценциянын дүүлүгүүсүнө жана үндү (шум) пайда кылууга жумшалат[64].

Кавитациялык кубулуш үчүн кавитациялык көбүкчөлөр пайда боло турган бет керек. Ушул бет суусу, суюктуктун курамында аралашмасы бар

идиштердин беттеринин таза эместигине алып келет. Бул бет сууну түртүүчү болуп, чоң эмес көбүкчөлөрдүн пайда болуусун стабилдештирет. Пайда болгон көбүкчөлөр Блэйктин босогосу аталыштагы, босого басымына чейин чексиз чоңоёт [66].

Гидродинамикалык кавитация, басымы критикалык басымынан төмөн болгон агымдын бөлүктөрүндө гана пайда болот. Суюктуктун курамындагы газдын же буунун көбүкчөлөрү, суюктуктун агымы менен бирге кыймылдап, басымы критикалык маанисинен аз болгон аймакка жеткенде, чексиз өсүү жөндөмдүүлүгүнө ээ болуп калат [74]. Төмөнкү басымдагы аймакка өткөндөн кийин, көбүкчөлөрдүн өсүүсү токтоп, кичинере баштайт. Эгерде, көбүкчө жетишерлик көп газ камтыса, минималдык радиустагы өлчөмгө жетиш үчүн, алар калыбына келет жана бир нече өчүүчү термелүүлөрдүн циклин ишке ашырат, эгерде көбүкчө аз газ камтыса, анда көбүкчөлөр биринчи циклда эле толугу менен жарылышат.

Мына ошентип, кыймылдуу көбүкчөлөргө толгон, сүйрү форма боштугунда кавитациялык аймак пайда болот. Аз газ камтыган көбүкчөлөргө караганда, кавитациялык көбүкчөлөрдүн кыскаруусу чоң ылдамдык менен жүрүп, бир кыйла күчтүү үн импульсу менен коштолот. Эгерде кавитациянын өсүү деңгээли көбүкчөлөрдүн көпчүлүгү пайда болуп эле кайра жарылууга келүү менен жүрсө, анда жүздөгөн герцтен жүздөгөн килогерцке чейинки үзгүлтүксүз спектрлерди камтыган, күчтүү үн (шум) менен коштолот. Көбүкчө радиусу максималдык маанисине жеткенде, төмөнкү жыштыктар аймагында спектри жайылган болот.

Кавитация башталгандан агымдын ылдамдыгы жогоруласа, анда өзү менен кошо көбүкчөлөрдүн өсүүсүнүн саны жогорулайт, артынан кавитациялык көбүкчөлөрдүн топтолуусу жүрөт жана бир калыптагы агууга өтөт. Жакшы тегизделбеген тело бетинде бир калыптагы кавитацияга өтүү абдан тез жүрөт, кавитация таасиринде гидравликалык машиналарда, турбаларда, насостордо, винттерде структуралык бузулуулар орун алышы мүмкүн, ошондуктан кавитациядан алысташат. Эгерде алыстоого мүмкүн

болбосо, кээ бир учурлар үчүн механизмдердин иштөө шартын жакшырткан "суперкавитация" режимин түзүп, кавитацияны күчөтүүгө туура келет [42].

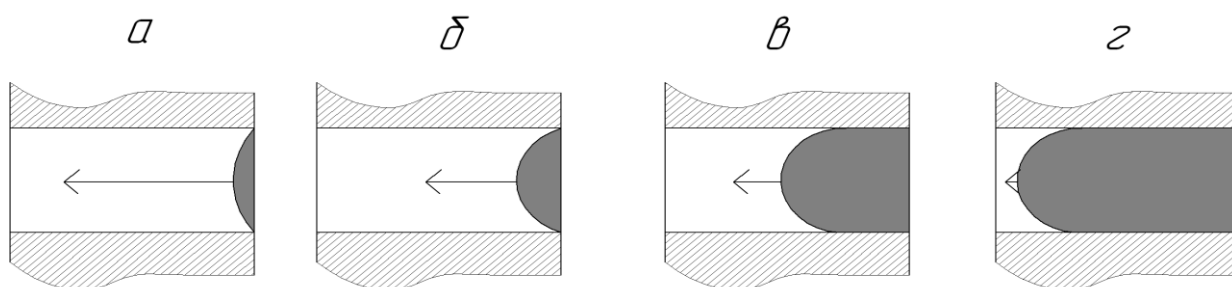
Кавитациялык технология, колдонуучуларга материалдык жана эксплуатациялык чыгымдарды белгилүү деңгээлде азайтуусун жаратат. Кавитация процессинен өндүрүштүн көптөгөн тармактарында: массалык алмашуу, буулануу, суспендирлөө, эмулгирлөө, флотация, химиялык синтездөө ж.б. чоң-чоң пайдаларды алып келет. Ушундай эле экономдоого энергетикалык көп фактордук иштетүүдө, суюктуктарда химия-физикалык эффекттер эсебинен жетишилет. Жылуулук энергиясын алуу үчүн, суюктуктарда кавитация эффекти реалдуу колдонулууда. Потапов, Ларионов, Петраков жана башкалардын, суюктуктарды кавитациялоодон жылуулук энергиясын өндүрүү кубулушунун пайдалуу колдонулушуна негизделген кавитациялык жылуулук генераторлору, ушунун катарында куюндуу, ротордук жана ушул сыяктуу түзүлүштөр белгилүү жана жетишерлик деңгээлде колдонулууда [66,74].

Кавитациялык жылуулук генераторлору – өндүрүштө чыгымды азайткан, зыяндуу заттарды бөлүп чыгарууну чектеген экологиялык таза түзүлүш.

Суу кавитациялык жылуулук генератору арзан жылуулук булагы катары жетишээрлик кеңири колдонулууда [42,52,69,91]. Алар электротермикалык суу жылыткычтардан айырмаланып, сууну даярдоону талап кылбайт, ар кандай автономдук объекттерде колдонсо болот. Мындай автономдук кавитациялык суу жылыткычтарда сууну ар кандай талап кылынган температурага чейин жылытып алууга, бууга айландырууга болот.

Дүйнөдө азыркы мезгилде, суюктуктардан кавитация процессин пайда кылуучу көптөгөн түзүлүштөр пайда болду (терс басым таасиринде кавитациялык тилкелердин пайда болушу) [71]. Бардык эсептөөлөр жана практика көрсөткөндөй, кавитациялык тилкенин өлчөмү жарылуулар ылдамдыгынан жана жарылуу орун алган аймактагы суюктукка таасир этүү деңгээлинен көз каранды. Бардык түзүлүштөрдө агымдын кескин кесилүүсү орун алат [42,52]. Бирок, суюктук массага ээ болгондуктан, көз ирмемде токтобостон, созулуу менен кыймылын улантат. Мына ушунун эсебинен анын

ички басымы азаят. Аралашма суюктуктун ичиндеги газдардын өсүүлөрү орун алып, кавитациялык тилкелер пайда болот (1.1-сүрөт). Белгилүү убакыттан кийин суюктуктун инерция күчү атмосфералык басымдын жыйынтыктоочу жана кавитациялык тилкенин ички жайылуу күчтөрү менен теңелет. а,б – кавитациялык тилкенин өсүүсү, г – инерция күчүнүн азайышы, в – теңелген учуру.

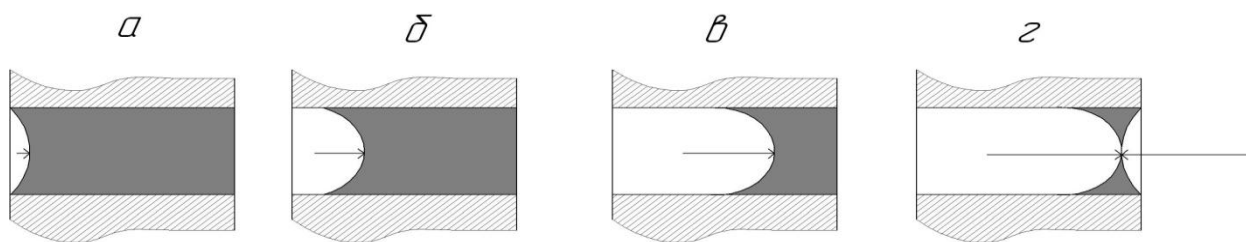


1.1-сүрөт. Кавитациялык тилкенин өсүүсү.

1. Тең салмактуулук чекитинин айланасында кезектеги процесстер орун алат[42]:

Инерция күчү нөлгө чейин азаят (суюктукту токтотуунун эсебинен кавитациялык тилкенин жайылуусунан) жана кошумча тандоо жок болгондуктан, тилкенин ички терс басымы жыйынтыктоочу күчкө карай жогорулай баштайт жана кавитациялык тилкенин (көбүкчөлөр) жарылуу процесси жүрөт. Суюктук начар кысылууга келет жана начар созулат, анда сырткы күчтүн (инерция күчү) таасирин токтоткондо, жарылуу процесси абдан интенсивдүү жүрө баштайт.

2. Кавитациялык тилкедеги жарылуу процесси аяктаган мезгилде, бетке кезектеги урунууга, жарылуу ылдамдыгы белгилүү деңгээлде жогорулоо менен суюктуктун кезектеги бөлүгү (порциясы) келет. Кошумча, кавитациялык тилкенин толугу менен жабылыш мезгилинде (1.2-сүрөт), суюктуктун эки фронту кездешет: кавитациялык жарылуу фронту менен суюктуктун кыймылдуу фронту, иштетүүнүн интенсивдүүлүгүн кошумча күчөтүүчү, гидроурунуу ишке ашат. а,б,в – агымдын ылдамдыгынын жогорулоосунан кавитациялык тилкенин жайылышы, г - гидроурунуу.



1.2-сүрөт. Кавитациялык тилкенин жарылуу процессинин аяктоо мезгили.

Мына ошентип, урунуу-кавитациялык процесси суюктуктун кыймылдуу чыңалуусуна, турбуленттик аралашуусуна, жогорку жыштыктагы серпилгичтүү термелүүсүнө, күчөтүлгөн сызыктуу эмес акустикалык эффектинге таасир этет.

## 1.2 Гидродинамикалык кавитациянын физикалык негиздери

Куюндуу жылуулук генераторунун жардамында сууну айландырууну ылдамдатуудан курамындагы ассоциаттар өсөт, жыйынтыгында суунун салыштырмалуу жылуулук сыйымдуулугу табигый түрдө төмөндөйт [9]. Анын төмөндөөсү борборго умтулуучу күчтүн таасири менен басымдын жогорулоосунун эсебинен эмес, башка таасирлердин эсебинен төмөндөйт. Эгерде бул айтылгандар орун алса, анда суунун жылуулук кармоочулугун өзгөртпөстөн туруп эле, жылуулук генераторунун кирүүсүнө караганда чыгуусунун температурасы жогору болорун байкайбыз [28]. Бул, чындыгында, ага энергия кошумчалабайт, бирок жылуулук алмаштыргычта чоң температуранын түшүүсүнөн ага чоң жылуулук алынышын камсыздайт. Мындан кийин аны муздатсак, кадимки сууга караганда тез жана төмөнкү температурага чейин муздайт. Туурасы, муздабайт, айлана чөйрө менен жылуулук алмашуусуз температуранын түшүүсүнөн, суунун жылуулук сыйымдуулугун кадимки абалга чейин калыбына келтириш үчүн, андагы муз түрүндөгү жана суунун молекулаларынын жылуулук тең салмактуулугу кадимки абалына чейин релаксацияланат.

Суунун структурасы боюнча Колясниковдун гипотезасында [28] айтылгандай, сууда дайыма орун алган тетрамердин чынжырындагы үзүлүүлөр, анын тез жана бир калыпта эмес мейкиндиктеги агымында, суунун тогунун

сызыгынын айланасында түздөлүүсү жана тартылуусу керек. Мына ошондуктан ыктымалдуулук боюнча, тетрамерлердин чынжырларынын аягы кокустан бири-бири менен кагылышып, эркин суутектик байланышта биригип, ирээтсиз жайгашуулары салыштырмалуу үч эсе жогорулайт. Бул геометрия закондоруна байкалат. Ар бир кайрадан түзүлгөн суутектик байланыш-бул суудан бөлүнүп чыккан 0,26-0,5 эВ энергия.

Куюндуу агымда суюктук түйүндүк (винтик) структурага ээ, мындай чынжырлар, түз сызыктууга караганда, дагы тез ирээттелүүсү жана байланышы керек. Мына ошондуктан суунун тогунун сызыгы эле эмес куюндан түзүлгөн торсиондук талаасы да жөндөмдүү болуп калат. Заттын оңго айлануучу кристаллдык структурасын түзгөн торсиондук талаадай, куюндун торсиондук талаасы, суунун жалгыз эле молекуласын деле түйүндүк чынжырга катарга туруусуна аргасыз кылып, суунун молекулаларын анын айланасында оң түйүндүк тетрамерлерди түзүүгө аргасыз кылат.

Потаповдун жылуулук генераторлору менен иштеген тажрыйбасы көрсөткөндөй [67], жылуулукту генерациялоо качан гана айлантуучу трубада суунун агымында резонанстык үн менен термелүүсү күчөтүлүп, жылуулук генераторунун айлантуучу трубасында кавитация интенсивдүү жүргөн мезгилде гана орун алат. Трубанын узундугун өзгөртүү менен, токтотуучу түзүлүштүн жайгашуу чекитин туура тандоо менен резонансты күчөтсө болот.

Бул айтылгандар, кавитациянын, кошумча жылуулукту генерациялоодо чоң роль ойноорун түшүндүрөт. Мына ушунун негизинде Л.Г.Сапогин, Потаповдун жылуулук генераторунун айлантуучу трубасындагы кавитациялык көбүкчөлөрүнөн физикалык вакуумдун энергиялары бөлүнүп чыгат деген божомолун айткан [5,67]. Чындыгында, ар жерлерде жүргүзүлгөн лабораторияларда жүргүзүлгөн көптөгөн каллориметриялык өлчөөлөр көрсөткөндөй, сонолюминесценциялык энергетикалык чыгуу, паравоздун ПАКнен кичинелик кылат. Көз ирмемдеги нурдантылган кубаттуулуктун ультраүндүн кубаттуулугуна болгон катышы миңден жогору болору аныкталат. Бул деген, кавитация энергиясын концентирлеген гана, ал эми кошумчасын



жарата элек дегенди түшүндүрөт. Факт, концентирлештирилген энергия биринчи көз карашта, энтропиянын өсүү принциби боюнча термодинамиканын законуна каршы келген. Конотопа шаарынан 85 жаштагы украин физик Д.Р.Кезиков өз алдынча эксперимент жүргүзүү менен аны тактаганга жетишкен. Ал, 80-жылдардын аягында, жөнөкөй тажрыйба жүргүзгөн. Резина шлангасынын бир жарым метрлик бөлүгүн, суусу бар идиштин мурдуна бекитишет. Качан гана идиштеги сууну ысыткыч аркылуу ысытканда, интенсивдүү буулана баштайт. Шлангага өткөн буу конденсацияланат, ушул мезгилден баштап миллиамперметр электр тогунун бар экендигин көрсөтө баштайт.

Кезиковдун кубулушу мындайча түшүндүрүлөт: суунун молекуласы электрон үчүн чоң каражат болуп саналат, себеби суутектик байланышты түзүшөт. Тагыраагы, суунун молекуласынын бетиндеги оң заряддалган протондор менен андагы электрондор тартылышышат. Качан гана суунун молекуласы башка өзүндөй молекулалар менен тыгыз оролгондо гана, жалпы коңшу молекулалардагы коштолгон электрондор эсебинен суутектик байланыш түзүлөт. Качан суу кайнаганда, молекула суутектик байланышты үзүп, кээде өзү менен кошо байланышкан эки электронду - өзүнүкү жана коңшу молекулага тиешелүү, биргеликте алып, суунун калган массасын таштап чыгып кетет. Суунун буусун конденсациялоодо молекуладагы терс заряддар, пайда болуп жаткан тамчынын бетине жутулат. Бул механизм, Кезиковдун ою боюнча, суунун тамчысынын аба менен сүрүлүүсүнөн эмес, Ленарда далилдегендей, сууну бүркүүдө бетинин үзүлүүлөрүнөн тамчынын электрлениши келип чыгат, бул атмосфералык электрленүү болот.

Биз үчүн Кезиковдун ачылышы зарыл, ал кавитациялык көбүкчөлөрдө электрдик заряддын кантип пайда болоорун, кантип жаңыланып тураарын түшүндүрөт [28]. Мындай көбүкчөнү кысууда, терс заряд менен Кезиков механизмде заряддалган микроскопикалык тамчы түрүндөгү суунун буусунун конденсацияланышы орун алат. Эгерде тыгыздыгы  $10^{19}$  см<sup>-3</sup> болгон суунун буусунун 10% ти тамчы болуп конденсацияланса, анда 20 мкм

радиустагы бүртүкчөлөр - кавитациялык көбүкчө, 0,2 мкм болгон тамчыны берет. Мындай сферикалык микроконденсатордун электрдик сыйымдуулугу  $10^{-18}$ Ф, ал эми электрдик энергиясы - 0,1 Дж чейин болот. Мына ошондуктан бүртүкчө менен көбүкчөнүн бетинин арасындагы потенциалдар айырмасы  $10^9$ В, ал эми электр талаасынын чыңалышы  $10^{14}$  В/м болушу мүмкүн. Ошондуктан, биз байкагандай, сонолюминесценттик жылтылдоо, бул кавитациялык көбүкчөлөрдө электрдик разряддалуудан нурдануу болот. Бирок абанын кадимки талаасынын чыңалышында (20-30 кВ/см) эмес, андан бир кыйла жогору болгон маанилерде көзөп өтүү орун алат. Себеби, импульстуулук – разряддалуу аралыгынын чыңалуусу менен байланышкан көзөп өтүүсүнүн башталышына чейинки убакыттын кармалуусу орун алат. Көзөп өтүүсүнүн башталышына чейинки кармалуу убактысында, суу буусунун жетиштүү саны тамчыга айланып конденсацияланып үлгүрөт жана анын электр заряды чоң мааниге жетет.

Мына ошентип, суюктуктарды бүркүүдөн, суюктуктун майда бүртүкчөлөрү аба менен биргеликте кыймылдаган, ички катмарларындагы заряддары менен сырткы бетинин заряддары компенсацияланышпаган жука плёнка түрүндөгү көбүкчөлөр пайда болот [20,48,60,75,100].

### **1.3 Электромагниттик талаанын суунун касиеттерине тийгизген таасири**

Суу, электр талаасында өзгөчө касиеттерге ээ болуп калат. 1975-жылы сууну электрохимиялык активдештирүү (СЭХА) кубулушу ачылган. СЭХА – суюктукту интенсивдүү диспергирлөө шартында, электрохимиялык реакцияда газ түрүндөгү продуктага айлантууда, электрондорду экилик электрдик катмар (ЭЭК) аркылуу бир калыпта эмес которууда, электрохимиялык системадагы ЭЭК дагы электроддун (анод же катод) сууга, электрохимиялык жана электрофизикалык биргеликтеги таасири. Сууну электрохимиялык активдештирүүнүн жыйынтыгында, электрондору аномалдык маанидеги активдүүлүккө жана башка физика-химиялык параметрлерди мүнөздөгөн метастабилдик абалга өтөт [14].

Чындыгында, суу аркылуу турактуу ток өткөндө, катоддон электрондор сууга өтөт, ошол эле мезгилде электрондор суудан анодко кетет, ошентип катоддун жана аноддун бетинде электрохимиялык реакциялардын сериясы коштолот. Аралашма сыяктуу суунун структурасы жана молекулалар аралык аракеттенишүү системасы өзгөрөт, жыйынтыгында жаңы зат пайда болот. Ал эми электроддордун (анод жана катод) курамында электрондордун алмашуусу гана орун алат [8].

Сууну катоддук (католит) иштетүүнүн жыйынтыгында, суу жегичтик реакцияга айланат, беттик тартылуусу азаят, кычкылтектин жана азоттун аралашмадагы саны төмөндөйт, эркин гидроксилдик группаларда суутектин концентрациясы жогорулайт, электр өткөрүмдүүлүгү төмөндөйт, иондордун катмары эле эмес, суунун эркин көлөмүнүн структурасы да өзгөрөт.

Аноддук (анолит) электрохимиялык иштетүүдө суунун кычкылдуулугу жогорулайт, беттик тартылуусу азаят, электр өткөрүмдүүлүгү жогорулайт, аралашмадагы кычкылтектин, хлордун саны жогорулайт, суутектин, азоттун концентрациялары азайып, суунун структурасы өзгөрөт.

#### **1.4 Суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманы алуу**

Күйүүчү заттын баалуулугун аныктоочу негизги факторлору болуп, күйүүчү продуктанын курамында зыяндуу кошулмалуу жумушчу заттын физикалык касиеттери, бирдик массадагы күйүүчү заттын толук күйүүсүндө бөлүнүп чыккан жылуулук саны менен аныкталуучу жылуулуктук жөндөмдүүлүгү саналат [86].

Жылуулук энергетикалык түзүлүштөрдө жумуштун эффективдүүлүгүн жогорулатуучу бир кыйла радикалдуу каражат болуп, бирдик массадагы заттан көбүрөөк сандагы энергия алыш үчүн, күйүү процессин интенсивдештирүүчү күйүүчү заттын сапаттык мүнөздөмөсүн жакшыртуу болуп саналат [50]. Айрыкча дизелдик кыймылдаткычтарда жана котлоагрегаттарда нефтини

иштетүүдөн калган фракциялардан алынган жогорку илешимүүлүктөгү мазуттар эсептелет.

Жылуулук энергетикалык комплекстерде энергетикалык жана экологиялык көрсөткүчтөрдү жогорулатууга, негизинен күйүүчү заттын күйүү процессин өркүндөтүү аркылуу жетишүүгө болот [41,44,57,59].

Нефтини иштетүүдө акыркы продукта болгон мазут, бир кыйла оор фракция болгон кычкылдануу, полимерлешүү, кокстанууга келген көмүртек-суутектик, термикалык крекингтин продуктарынан; күйбөөчү бөлүктөрүнөн - минералдык масса, металлдардан, күлдөн, механикалык аралашмалардан турат [36,82]. Крекинг процессинде, калган фракция суутек менен биригип, мазуттун жылуулуктук жөндөмдүүлүгүн, ысыктык өндүрүмдүүлүгүн төмөндөтөт. Мазутту ташуудан сапаты төмөндөйт, узак убакыт идиште кармоодон мазут кычкылданат, полимерленет, биологиялык организмдерге каныгат, суу менен аралашат; химиялык реакциялар таасиринде мазуттагы углеводороддор продуктанын калдыгы болгон катуу заттарга айланат.

Оор сорттогу күйүүчү заттарды котлоагрегаттарда эксплуатациялоо тажрыйбасынан көрсөткөндөй узак, ишенимдүү жана эффективдүү иштеши үчүн, күйүүчү затты күйүүгө даярдоо сапатынан көз каранды [16,17,19,58]. Нефти күйүүчү заттарынын калдыгынын курамына кирген асфальтен, чайыр ж.б. С-С жогору эмес стабилдүүлүктө байланыштагы молекулаларды узун чынжырлардан биригишип, байланышы жогорку жыштыктагы термелүүдөн жана иштетилип жаткан чөйрөнүн катмарлары арасындагы масса алмашуу процесстеринин эсебинен үзүлүүгө келиши мүмкүн.

Көмүртек-суутектик молекулалардын жогорку жыштыктагы акустикалык термелүүлөр таасиринде бузулуусунан кийин, жеңил активдүү радикалдар пайда болуп, иштетилип жаткан чөйрөнүн көлөмүндө куюндуу агым менен бирдикте интенсивдүү которулуп, калган көмүртек-суутектик фракциялардын молекулалары менен реакцияга киришет [24].

Эмульсияны даярдоо мезгилинде суу 1-3 мкм тамчы өлчөмүндө майдаланат [63], майдаланган тамчы күйүүчү заттын бардык көлөмүнө бир

кальпта бөлүштүрүлөт жана диполь болуп калат. Мына ушул диполь көмүртек-суутектик фрагменттердин молекулаларына жабышып, мицеллдерди (ичинде суу тамчысы менен шарик) пайда кылат. Мицеллдердин таасиринде аралашмадагы катмарга бөлүнгөн эмульсиянын туруктуулугу түшүндүрүлөт. Бир кыйла чоң болгон суу тамчысы көмүртек-суутектик кабык менен бирикпейт, кабык суунун тамчысынын заряддалгандыгынан бириге албайт.

## **1.5 Максаты жана изилдөө маселелери**

Ичинен күйүүчү кымылдаткычтын автору Николаус Оттонун, сууну күйүүчү заттын компоненти катарында колдонгон биринчи патентинен тартып, альтернативдүү күйүүчү затты жаратуу, окумуштуулар тарабынан XIX кылымдын аягынан изилдене баштаган [32]. Ушул күнгө чейин окумуштуулар гениалдуу ойлоп табуучунун оюун ишке ашыруу үчүн аракеттенип келишет.

Дүйнөлүк практикада бир кыйла жогору техникалык параметрлерге жана техника-экономикалык көрсөткүчтөргө ээ болгон суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманы (СЭКА) алуу үчүн, түрдүү техникалык түзүлүштөр жана түрдүү усулдар жаратылды.

Жылуулук түйүндөрүндө (ЖТ) жана жылуулук электрдик борборлорунда (ЖЭБ) жаратылган СЭКАны күйгүзүүдө, энергетикалык түзүлүштүн иштөөсүнө тийгизген таасири боюнча, күйүүчү заттын чыгымын актабагандыгы жана атмосфераны булгоосу сыяктуу кемчиликтерине туш болобуз [50,78].

СЭКАны белгилүү усулдар жардамында даярдоодо жана күйгүзүүдө бир нече кемчилдиктерге ээ:

- убакыттын өтүшү менен фракцияларга ажырашынан, кошумча кошумчалоону же мезгилдүү аралаштыруу менен энергияны коротууну талап кылат;
- аралашма тоңуп калса, эригенден кийин күйүүчүлүк касиети калыбына келбейт. Калыбына келтириш үчүн кайрадан баштапкы структуралык күйүүчү абалга келтириш үчүн активдештирүү керек;

– СЭКАны колдонулуп келген технологияларда жүктөөдө, ташууда, сактоодо жана ыссык идиштерде кармоодо анын төгүлүүсү орун алат. Андан тышкары суудагыдай чөкмөлөр пайда болот, анын белгилүү бөлүгү СЭКАнын көлөмүнө бир калыпта эмес бөлүштүрүлөт да, анын күйүүсүнө терс таасирин тийгизет.

– СЭКА продуктарынын жана нефтепродуктарынын курамындагы суунун күйүүсүндө азоттун оксиди жана ыштардан айлана-чөйрөнүн булгануусу жүрөт;

– Күйүүчү заттын толук күйбөгөндүгүнүн эсебинен пайда болгон ыштардан арылуу үчүн, ар 20-25 күндө печкада профилактикалык иштерди жүргүзүп туруу керек.

– Күйүүчү заттын көлөмүндөгү сууларды алып салуу үчүн убакыт талап кылынат, кошумча чыгымдарды жасоого туура келет.

Ошондуктан, жылуулук түзүлүштөрүндө экономикалык жана экологиялык утуштарды алып келген күйүүчү суюк заттарды жаратуу жана пайдалануу актуалдуу. Мына ушул талаптарга жеткирүүчү каражат болуп эмульсиялык күйүүчү зат саналат. Жогорудагыларды эске алып, биздин бул жумуштагы негизги максатыбыз, кавитация эффекттин жана электромагниттик активдештирүү усулун колдонуу менен жергиликтүү минералдык-сырьелук байлыктар негизинде СЭКАны жаратуунун илимий-технологиялык негиздерин иштеп чыгуу.

Бул максатка жетүү үчүн төмөнкүдөй маселелер каралган:

- Кыргызстандагы минералдык-сырьелук жана күйүүчү ресурстардан суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманы жаратуунун технологиясын иштеп чыгуу;
- Электр жана магниттик талаалардын жана гидродинамикалык кавитациянын таасирлеринен кийинки суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманын физика-химиялык жана технологиялык касиеттерин изилдөө;
- Тажырыйбалык-конструктордук жана изилдөө иштерин жүргүзүү.

Бул маселелердин чечими кийинки бөлүмдөрдө каралды.

## II ГЛАВА. КАВИТАЦИЯЛЫК ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫН НЕГИЗДЕРИ

### 2.1 Электромагниттик талаанын таасиринде суунун структуралык өзгөрүшү

Сууну изилдөө фундаменталдык жаратылышы боюнча эле эмес, анын прикладдык тараптары боюнча да жүргүзүлүүдө.

Я.Френкель [86] сунуштагандай, термин “структура” үч түрдүү мааниге ээ – көз ирмемдеги (I-структура), термелтүүчү-теңсалмактоочу (V-структура) жана диффузиялык-теңсалмактоочу структура (D-структура). Төмөнкү температурада суунун молекуласы дайыма суутектик байланыштарда үч өлчөмдүү сетканы түзүп, чексиз кластерди пайда кылат. Кластер (англ. *cluster*-тал, сабак, бир боо) – бул бир тектүү элементтердин бир системага биригүүсү. Кластерлерде молекулалар хаотикалык мүнөздө жайгашат. Молекулалардын өз ара аракеттенишүү энергиясы анчалык чоң болбойт. Ылдамдыка ээ болгон молекула кластерге кошулса, анда аны тез эле таштап кетет. Мындан, критикалык шартта суу, төмөнкү илешимдүүлүккө, ошол эле мезгилде жогорку диффузиялык жөндөмдүүлүккө ээ экендиги келип чыгат [23,39,69].

Критикалык шартта минералдарды синтездөөдө суу химиялык процесстерге активдүү катышат.

Суунун бардык касиеттери белгилүү өлчөмдө, курамындагы аралашмадан көз каранды болот. Мисалы, бошотулган аралашма газына суу, бир нече күндө каныгуу абалына келет. Түрдүү нурдантуулардан кийин (электромагниттик талаанын таасиринде) эркин радикалдар, кычкылдуу суутек жана башка компоненттер пайда болот. Тактап айтканда суунун молекуласы оңой эле иондорго ажырайт – оң заряддалган сутекке ( $H^+$ ) жана терс заряддалган гидроксилге ( $OH^-$ ). Мына ушул иондор белоктордун, нуклеиндик кислоталардын жана башка органикалык заттардын мейкиндиктик структурасын аныктайт, ошондуктан суу жаратылыштагы бардык тирүү жандыктардын структурасынын негизин түзөт. Бүтүндөй боюнча суунун структурасы, аралашма болгон протонофилдик, гидроксофилдик тең салмактуу кластерлер жана клатраттар сыяктуу каралат [23,39,65,69].

295 К температурада жана 0,1 Па басымда суу,  $1000 \text{ кг/м}^3$  тыгыздыкка,  $\varepsilon=79,73$  диэлектриктик өткөрүмдүүлүккө жана  $Ku=10^{-14}$  иондук жаралууга ээ уюлду аралашма болуп саналат.

Мына ошентип, суу көп компоненттүү гетерогендик аралашма болуп, эриткич матрицалардан туруп, структуралык сеткасы суутектик байланыштарды берет. Ошондуктан конденсирленген суу начар байланышкан, бирок структуралык иреттүүлүккө ээ болот. Мындай системада фракталдык структура пайда болот.

[69] аныкталгандай, электр талаасынын сууга таасир этүү механизми боюнча католиттик «тирүү» суу оң активдешкен (R) сууну, ал эми «өлүк» делген анолиттик суу – солго айлануучу (L) сууну берет.

R жана L-суулары молекулалык кыймылынын ылдамдыктарына байланышкан касиеттери боюнча, ичилүүчү суудан белгилүү деңгээлде айырмаланат. Молекулалык-кинетикалык теорияга ылайык, суюктуктун молекулалары тең салмакта болуу менен орундарын которуп жылып турушат. Ошондуктан мындай которулуунун ылдамдыгынын чени болуп, өздүк диффузия коэффициенти D саналат.

Изилдөөлөрдөн, D нын температурадан көз карандылык мааниси төмөндөгүдөй теңдеме аркылуу берилет [32]:

$$D = A e^{-\frac{E_a}{RT}}, \quad (2.1)$$

мында  $E_a$  – активация энергиясы,  $A$  – турактуу сан,  $R$  – универсалдык газ турактуулугу,  $T$  – абсолюттук температура.

Өздүк диффузия коэффициентинин экспоненциалдык көз карандылыгында, белгилүү температурадан баштап сууну биоэлектрдик активациялоо процессинде иондордун ашыкча группировкалоосу жүрөт.

Уэнгдин капиллярдык түтүкчө усулунда [8] аныкталгандай, D нын температурадан көз карандылык мааниси 2.1-таблицасында берилген.



2.1 - таблица. Өздүк диффузия коэффициентинин температурадан көз карандылыгы

$t, ^\circ\text{C}$	5	10	15	25	35	45	55
$D \cdot 10^{-5} \text{ см}^2 / \text{с}$	1,43	1,68	1,97	2,57	3,49	4,38	5,45

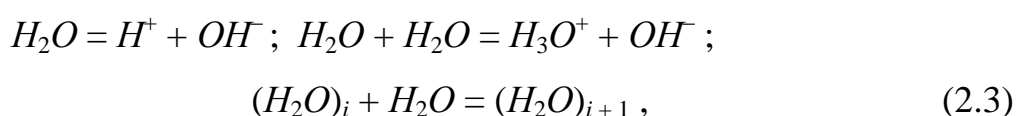
2.1-таблицасында көрсөтүлгөндөй суунун температурасы 10 эсе жогорулаганда, өздүк диффузия коэффициенти 3,8 эсе жогорулайт. Уэнге ылайык 25 °С температурада өздүк диффузиянын активдештирүү энергиясы ( $E_a$ ), диэлектрдик релаксация жана суунун илешимдүүлүк агуучулугу жакындатылган түрдө 4,6  $\frac{\text{ккал}}{\text{моль}}$  барабар. Мындан, активдештирүү механизми жогорудагы үч процессте бирдей орун алат деген божомолдоого келебиз. Бул божомолдоодон жана өтмө абал теориясынан [8] ,

$$\frac{\lambda^2}{\tau} = D \quad (2.2)$$

алабыз. Мында  $\lambda$  - диффузиялоо багытында суунун диффундирлөөчү молекулаларынын тең салмактуу, ирэттүү абалдарынын арасындагы орточо аралык,  $\tau$  - суунун молекуласынын диэлектрдик релаксациялоо убактысы.

Эйген көрсөткөндөй [8], сууда  $H^+$  и  $OH^-$  иондору күчтүү гидратацияланган. Мисалы,  $H^+$  ионунун 25°С температурадагы жылуулук гидратациясы болжолдуу 276 ккал/моль болуп, башка бир валенттүү каалаган иондун жылуулук гидратациясына караганда 100 ккал/моль көптүк кылат. Мындан, суюктуктагы протондор оксонийдин ионун ( $H_3O^+$ ) же андан да татаал комплекстерди пайда кылып, суунун молекулалары менен күчтүү байланышта болоору келип чыгат.

Электролиз учурунда суунун диссоциация реакциясы төмөндөгүдөй теңдемеде берилет:



мында  $i = 1, 2, 3, \dots$

Мындан, табигый түрдө, кычкылдуулугу суутектин иондорунун концентрациясы боюнча, ал эми аралашманын жегичтиги гидроксилдин иондорунун концентрациясы боюнча аныкталат.

Анда термодинамиканын диссоциация турактуулары:

$$K_{g, H_2O} = \frac{a_{OH^-} a_{H_3O^+}}{a_{H_2O}}, \quad (2.4)$$

$$K_{g, H_3O} = \frac{a_{H_2O} a_{H_3O^+}}{a_{H_3O^+}} = a_{H_2O}, \quad (2.5)$$

(2.4) түн (2.5) ке болгон катышынан, төмөндөгү теңдемеси орун алат:

$$K_a = \frac{K_{g, H_2O}}{K_{g, H_3O^+}} = \frac{K_{H_2O}}{K_{H_3O^+}} = \frac{a_{OH^-} a_{H_3O^+}}{a_{H_2O}^2}. \quad (2.6)$$

Таза суу үчүн  $a_{H_2O} = [H_2O] = 55,5$  [32].

(2.5) ке ылайык  $K_{H_3O^+} = a_{H_2O} = 55,5$ , анда (2.6) теңдемеси төмөндөгүдөй түргө келет:

$$K_{H_2O} = \frac{a_{OH^-} a_{H_3O^+}}{a_{H_2O}} \quad \text{же} \quad K_{H_2O} a_{H_2O} = a_{OH^-} a_{H_3O^+}. \quad (2.7)$$

18°C температурада  $a_{OH^-} a_{H_3O^+} = K_{H_2O} a_{H_2O} = 1,33 \cdot 10^{-16} \cdot 55,5 = 0,74 \cdot 10^{-14}$ .

Мына ошентип,  $K_{H_2O} a_{H_2O}$  суунун иондук жаралуусун берип  $K_u$ :  
 $K_u = a_{OH^-} a_{H_3O^+}$  жана  $K_u = 0,74 \cdot 10^{-14}$ , б.а.  $OH^-$  жана  $H_3O^+$  иондорунун концентрацияларынын өнүмдөрү сууда турактуу сакталат. Мындай шартта  $OH^-$  иондорунун концентрациясы белгилүү болсо,  $H_3O^+$  иондорунун концентрациясын аныктап алууга болот же тескерисинче.

Бир кыйла көбүрөөк аралашкан аралашма үчүн туура болгон теңдеме

$$K_u = n_u = [H_3O^+] [OH^-], \quad (2.8)$$

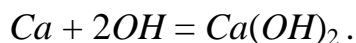
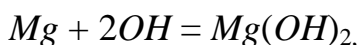
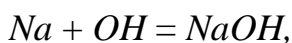
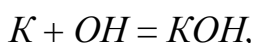
б.а. иондордун активдүүлүгүнүн жаралуусу  $K_u$  иондордун концентрациясынын өнүмүнө  $n_u$  барабар.

Мындан, суунун ажыроосундагы калыбына кетируучү жана кычкылдандыруучу электр тогунун таасирин, суутектик көрсөткүч (pH) жардамында калыбына келтирсе болот.

Жогоруда келтирилген формула процессти толук чагылтпайт. Бирок түрдүү колдонмо маселелерде реакциянын механизмин билүү зарыл. Механизмди билүү деген, реакциянын схемасын, реакциянын кандай жүрөп багытын, анын ылдамдыгын билет дегенди түшүндүрөт. Реакциянын ылдамдыгы иондордун концентрациясына пропорциялаш болуп, өз кезегинде пропорциялаштык коэффициенти реакциянын ылдамдыгынын турактуулук чоңдугун көрсөтөт.

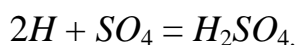
Мына ошентип, активдешкен суу үчүн кычкыл-жегичтик же биоэнергетикалык тең салмактык параметрлерин колдонсо болот. Тең салмактуу, бирдей абал үчүн  $pH = 7$ , жана ушундай эле жогорулаган pH ( $pH > 7$ ) суунун R-компонентин, ал эми төмөндөгөн pH – суунун L-компонентин берет. Бирдей абалдагы суу, мембрандык электролиз жардамында ажыратууга мүмкүн болгон R жана L компоненттерден турат.

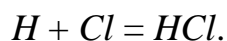
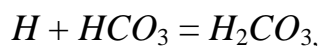
Электролиз учурунда ичилүүчү суунун молекуласы иондорго ажырайт –  $H^+$  и  $OH^-$ . Бул процессте кычкылдандыруу-калыбына келтирүү реакциялары жүрөт. Жыйынтыгында  $(Na, K)^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  катиондору катоддук электродко тартылуу менен жегич заттарды ( $pH > 7$ ) жаратат:



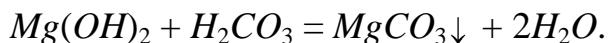
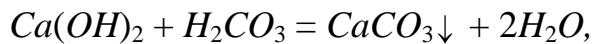
$H^+$  и  $OH^-$  иондорунун кыймылдуулугу, [8] көрсөтүлгөндөй, суудагы башка бир валентүү иондордун кыймылдуулугуна караганда бир кыйла жогору. Мындай абал молекулалар суутектик байланышта экендигин түшүндүрөт.

Аниондор  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^{2-}$ ,  $Cl^-$  анодко тартылат жана кычкыл заттарды жаратат ( $pH < 7$ ):





Электролиз процессинин жүрүшүндө, түзүлүштүн бетинде  $CaCO_3$  жана  $MgCO_3$  турган ак тактар пайда болот:



Мына ошентип, синергетика теориясынын негизинде которулуу процессинин анализи көрсөткөндөй, электр талаасынын жардамында суунун R жана L компоненттерге ажыроосу болуп, анын эки тарабына карама каршы электроддорду туташтыруудан беттеринде кластерлердин пайда болуусу саналат. Суунун өзгөрүү чекитине жакындаганда структуралык түзүлүшү табигый өзгөрүүгө умтулат б.а. «чексиз» сетканы түзгөн суутектик байланыш үзүлөт, фракталдык структурадагы өзүнчө кластерлер түрүндө, суу жашоосун улантат. Жыйынтыгында, катион ар бир анион менен байланышта болуусу жана ар бир катиондун жана аниондун оң жана терс заряддары толук нейтралдашуусу керек шарты болгон Полингдин эрежеси бузулат [8]. Суутектик байланыштын үзүлүүсү, суунун R жана L компоненттерге ажыроосу менен коштолот.

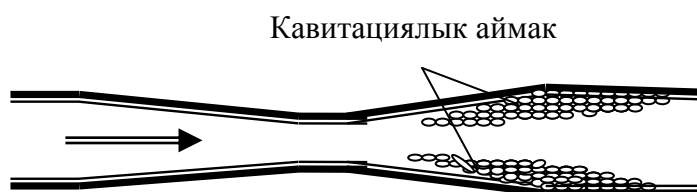
Суунун макроскопикалык өзгөчөлүктөрү диэлектриктик өткөрүмдүүлүгүнүн төмөндөшү, сынуу көрсөткүчүнүн өзгөрүшү, өткөрүмдүүлүк коэффициентинин жогорулоосу ж.б.аркылуу түшүндүрүлөт.

## **2.2 Кавитациялык көбүкчөлөрдүн пайда болуусундагы тең салмаксыз процесстер**

Кавитациялык көбүкчөлөр, суюктуктун басымы критикалык маанилеринде ( $p_{кр}$ ) болгон жерлерде гана пайда болот (реалдуу суюктуктарда  $p_{кр}$ , берилген температурада, болжолдуу суюктуктун өзүнүн каныккан буусунун басымына барабар) [28]. Мисалы, суюктуктун белгилүү бөлүгүнүн ылдамдыгынын жогорулоосунан, ал бөлүктө кескин басымынын төмөндөөсү

орун алып, көбүкчөлөр пайда болот, б.а. гидродинамикалык кавитация орун алат.

Идеалдык бир тектүү суюктуктарда, көбүкчөлөрдүн пайда болуу ыктымалдуулугу, чоң илешимдүүлүккө ээ суюктуктардын үзүлүүсүнүн эсебинен жаралат. Суунун үзүлүүсүнүн бышыктыгы  $1,5 \cdot 10^8$  Па ( $1500 \text{ кгс/см}^2$ ) барабар [97]. Таза тазаланган суунун  $10^\circ\text{C}$  температурадагы максималдык созулуусу  $2,8 \cdot 10^7$  Па барабар, демек реалдык суюктуктардын бышыктыгы азыраак. Адатта үзүлүү, басымы каныккан буусунун басымынан аз болгон учурларда орун алат. Реалдык суюктуктардын бышыктыгынын төмөн болушу, кавитациялык жаралуудан: микроскопикалык газ көбүкчөлөрүнүн пайда болуусу, катуу бөлүкчөлөрдүн газ менен толгон жаракаларынын пайда болуусу ж.б. менен түшүндүрүлөт. Газдын же буунун майда көбүкчөлөрү агым менен кыймылдап  $p < p_{кр}$  областка жеткенде, кескин кеңейип, жыйынтыгында андагы буунун жана газдан басымы, суюктуктун басымы менен беттик тартылууларынын биргеликтеги аракетинен чоңдук кылат. Жыйынтыгында, төмөндөтүлгөн басымга ээ агымдын бөлүгүндө, кыймылдагы көбүкчөлөргө толгон, анык байкалган «кавитациялык аймак» жаралат, 2.1-сүрөт.



2.1-сүрөт. Лавалы түтүгүндө кавитациялык аймактын пайда болуусу

Телонун берилген көлөмүндө кавитациянын пайда болуусу, агымдын берилген чекитинде толук аныкталган, анда өлчөмсүз параметрдин мааниси [52]

$$\alpha = \frac{2(p - p_n)}{\rho v^2}, \quad (2.9)$$

менен аныкталат. Мында  $p$  – каптаган агымдын гидростатикалык басымы,  $p_n$  – каныккан буунун басымы,  $\rho$  – суюктуктун тыгыздыгы,  $v$  – телодон жетишээрлик алыстаган суюктуктун ылдамдыгы. Ушул параметр «кавитация

саны» деп аталат да , гидродинамикалык агуучулукту моделдештирүүдөгү бир критерий болуп саналат. Кавитация башталгандан кийинки агымдын ылдамдыгынын жогорулоосу, кавитациялык көбүкчөлөрдүн санынын тез өсүүсүн шарттайт, кийин жай агуучу жалпы кавитациялык көбүкчөлөргө кошулат.

Биздин изилдөөлөрдө кавитация процесси, Лаваля түтүгүндө, суунун куушталган бөлүктөн өтө беришинен башталат. Андагы суунун агымынын ылдамдыгы басымга жараша 20-30 м/с интервалында болот. Лаваля түтүгү аркылуу суунун агымын өткөрүү менен кавитациялык көбүкчөлөрдү пайда кылуу процессинин эксперименталдык изилдөөлөрү, диаметри 15 мм (кирүү жана чыгуу) жана 1 мм (куушталган бөлүк) болгон жана узуну 35 мм болгон Лаваля түтүгүндө жүргүзүлдү. Каралган Лаваля түтүгүндө кавитациянын байкалуусунун башталышы, Рейнольдстын санынын  $Re=vd_0/\nu \geq 2 \cdot 10^4$  маанисине дал келет, мында  $\nu$ - 25 °С температурадагы суунун илешимдүүлүгү. Суунун агымынын андан ары жогорулоосу, көбүкчөлөрдөн «мончок» болгон кавитациялык жип түрүндөгү туруктуу кавитациялык көбүкчөлөрдүн пайда болуусун камсыздайт [28].

Биздин изилдөөлөрдө, кавитациянын пайда болуусунун босогосу, кавитация саны жана  $\alpha$  негизи болгон Бернуллинин законунун жардамында аныкталды [52,101],

$$\alpha = p / \rho v^2. \quad (2.10)$$

Мында  $p$  – гидростатикалык басым,  $\rho$  – суюктук тыгыздыгы,  $v$ - суюктуктун агымынын ылдамдыгы. Биздин шартта  $\alpha = 25-26$  интервалында алынды.

Түтүктөгү агымдын ылдамдыгынын параметрлеринен, кавитациялык процесстин жана туруктуу кавитациялык көбүкчөлөрдүн пайда болуусунун босого параметрлери аныкталды. Жип сымал кавитациялык көбүкчөлөрдүн пайда болуусу, көмүртек-суутектик күйүүчү аралашмаларда да, таза суунун өзүндө да пайда болуусу орун алды. Таза суу жана күйүүчү аралашмаларда кавитациялык көбүкчөлөрдүн пайда болуусунда, динамикалык олуттуу айырмачылыктар байкалган жок. Мына ошентип, ылдамдыгы  $v=20$  м/с жана

Рейнольдс саны  $Re \geq 20000$ , кавитациялык саны  $\alpha = 25-26$  болгон сууну Лавалья түтүгү аркылуу өткөрүү жардамында, сууда кавитациялык көбүкчөлөрдү генерирлөөчү салыштырмалуу жөнөкөй усул иштелип чыгарылды.

Каралган жумушта Лавалья түтүгү аркылуу өткөрүлгөн учурдагы кавитация коэффициенти (кавитация саны), «кирүү» жана «чыгуу» түшүнүктөрүнүн жардамында аныкталды. Анда көбүкчөлөрдүн пайда болуу процессин синергетиканын жалпы теориясынын негизинде изилдесе болот [43]. Лавалья түтүгү аркылуу сууну өткөргөн учурда кавитациялык көбүкчөлөрдүн пайда болуу процесси, эки процесстен турат:

- сууну жөнөтүү – кирүү (Лавалья түтүгүнө сууну киргизүү);
- гидродинамикалык басым таасиринде Лавалья түтүгү аркылуу суунун өтүүсү – чыгуу (түтүктөн суунун чыгуусу жана көбүкчөлөрдүн пайда болуусу).

Анда, Лавалья түтүгү аркылуу суу агымынын өтүүсүндө кавитация коэффициентинин эффективдүүлүгү

$$\alpha = \frac{\text{чыгуу}}{\text{кируу}}, \quad (2.11)$$

түрүндө аныкталат. Мейли, агымдагы системанын кирүүсү  $I_e$  агымы менен, жалпыланган күчү  $X_e$  менен мүнөздөлсүн, ал эми чыгуу агымы  $I_i$ , андагы жалпыланган күчү  $X_i$  менен мүнөздөлсүн. Мындай шартта, кайталанбоочу процесстер үчүн, термодинамикалык агым жана күчтөрдүн арасындагы жалпы байланышты Онзагердин теңдемесинин жардамында төмөндөгүдөй жазсак болот [68]:

$$I_k = L_{ki} X_i, \quad (2.12)$$

мында  $L_{ki}$  – феноменологиялык коэффициент же Онзагердин коэффициенти болуп,  $k$  процесси менен  $i$  процессинин байланышын мүнөздөйт. Термодинамикада тең салмаксыз процесстерде феноменологиялык коэффициенттер үчүн Онзагердин өздүк катышы чыгарылат жана (2.12) теңдемесиндеги  $\{ L_{ki} \}$  коэффициенттер матрицасынын симметриялуулугун б.а. коэффициенттердин өз ара барабардыгын ырастайт:  $L_{ki} = L_{ik}$ . Бул, түрдүү процесстердин аракет этишүүлөрүнүн симметриялуулугун белгилейт: бирдик

$X_i$  күчтүн жогорулоосуна негизделген  $I_k$  агымдын жогорулоосу, бирдик  $X_k$  күчүнө негизделген  $I_i$  агымдын жогорулоосуна барабар. Практикада  $L_{ik}$  коэффициенти жөнөкөй коэффициент катары эмес, пропорционалдык чоңдуктарда, тактап айтканда илешимдүүлүк коэффициенттеринде, жылуулук өткөрүмдүүлүктө ж.б. колдонулат. Анда Лаваля түтүгү аркылуу суу агымынын өтүүсүндө кавитация коэффициентинин эффективдүүлүгү төмөндөгүдөй түргө келет:

$$\alpha = \frac{\text{чыгуу}}{\text{кируу}} = -\frac{I_i X_i}{I_e X_e}. \quad (2.13)$$

Мында  $I_e$  – кирген суунун гидродинамикалык агымы,  $I_i$  – кавитациялык көбүкчөлөрдүн Лаваля түтүгүнөн чыгуусундагы гидродинамикалык агымы, бул катышта « $\rightarrow$ » белгиси түтүккө кирген жана чыккан суу агымдарынын белгилеринин айырмасын көрсөтөт:  $I_i X_i > 0$ , и  $-I_e X_e > 0$ .

Лаваля түтүгү аркылуу тең салмаксыз (стационардык эмес) суу агымынын өтүүсүндө, суу агымдары өз ара төмөндөгүдөй байланышат:

$$I_i = L_{ii} X_i + L_{ie} X_e, \quad (2.14)$$

$$I_e = L_{ei} X_i + L_{ee} X_e. \quad (2.15)$$

(2.14) жана (2.15) тедемелерин (2.13) теңдемесине колдонуп, эки агымдуу система үчүн

$$\alpha = -\frac{L_{ii} X_i^2 + L_{ie} X_e X_i}{L_{ei} X_i X_e + L_{ee} X_e^2}, \quad (2.16)$$

чечимин алабыз. (2.16) нын алымын жана бөлүмүн  $\frac{1}{\sqrt{L_{ii} L_{ee} X_i X_e}}$  көбөйтсөк. Анда

(2.16) чечими төмөндөгүдөй түргө келет:

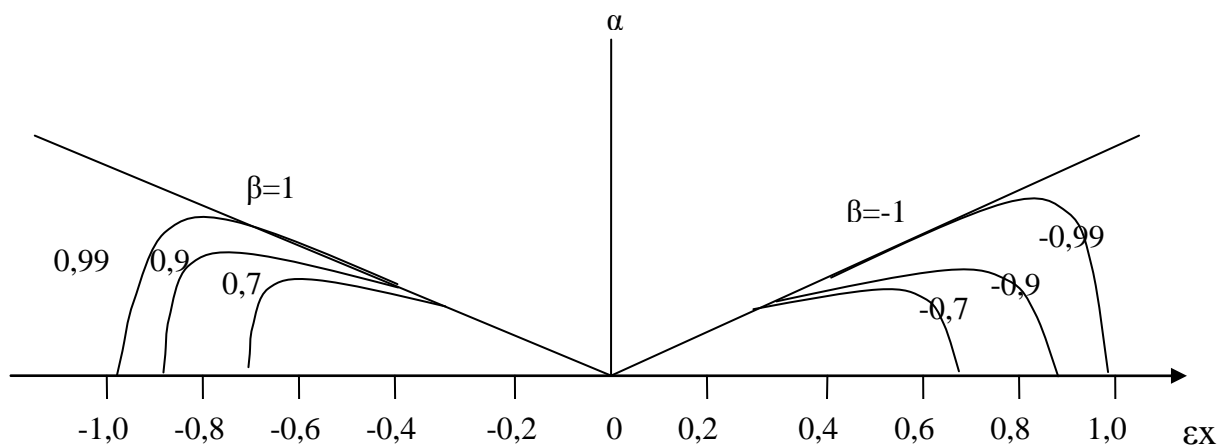
$$\alpha = -\frac{\varepsilon x + \beta}{\frac{1}{\varepsilon x} + \beta}, \quad (2.17)$$

мында  $\beta = \pm \frac{L_{ie}}{\sqrt{L_{ii} L_{ee}}}$  жана  $\varepsilon = \pm \sqrt{\frac{L_{ii}}{L_{ee}}}$  – башкаруучу параметрлер:  $x = \frac{X_i}{X_e}$  –

ирэттүүлүк параметри.



$\epsilon x$  жана  $\beta$  маанилери  $-1 \leq \epsilon x \leq 1$ ,  $-1 \leq \beta \leq 1$  пределдеринде жатышат, анда  $0 \leq \alpha \leq 1$  интервалында  $\alpha=f(\epsilon x)$  көз карандылык графиги (2.2-сүрөт) төмөндөгүдөй көрүнүштө болот:



2.2-сүрөт. Лавалья түтүгү аркылуу суу агымынын өтүүсүндө кавитация коэффициентинин эффективдүүлүгүнүн суунун  $\epsilon x$  термодинамикалык агуусунун таасиринен көз карандылык графиги

2.2-сүрөттөн көрүнүп тургандай, түтүк аркылуу суу агымынын өтүүсүндө кавитация коэффициентинин эффективдүүлүгү,  $\beta = \pm 1$  ден башка  $\alpha x$  тин фиксирленген маанилеринин максималдык маанилерин гана алат.

$\frac{d\alpha}{d(\epsilon x)} = 0$  функциянын экстремум шартынан байкалгандай,  $\epsilon x$  тин

берилген маанисинде,  $\alpha_{\max}$  максималдык мааниси төмөндөгүгө барабар болот:

$$\frac{\epsilon x}{\alpha_{\max}} = \frac{\sqrt{1-\beta^2}-1}{\beta}. \quad (2.18)$$

### 2.3 Гидродинамикалык кавитациянын таасиринде жылуулукту алуунун термодинамикалык негиздери

Фазаларды ажыратып турган чекара геометриялык бетти гана бербестен, калыңдыкка ээ ортолук фазаны да көрсөтөт. Ал, чек араны формировкалоодо катыштыгы бар күч менен байланышта болгон ашыкча эркин энергияга ээ. Фазалар аралык областагы атомдор же молекулалар тынымсыз кыймылда болуп, алар бардык учурларда ушул областа болушат, жогорку ылдамдыкка ээ болгондо гана, ал жерде болуусунун убактысы кыска болгондуктан, таштап

кетишет (суунун бетиндеги молекула үчүн,  $10^{-6}$ с) [6,11,31,72]. Типтүү учурларда, фазалар аралык калыңдык 1-10 нм болот.

Термодинамикалык анализ учурунда фазалар аралык чек ара ачык система катарында, кээ бир шарттарда туюк система катарында каралышы мүмкүн.

Кесилишинде интенсивдүү өзгөрүлмө сапаттагы тангенциалдык тартылуусуна  $\gamma$  ээ, турактуу курамдагы, туюк жалпак бетти карайлы. Мындай система үчүн термодинамиканын биринчи закону төмөндөгүдөй жазылат [70]:

$$dU=TdS - PdV + \gamma dA, \quad (2.19)$$

мында  $\gamma dA$ - системанын энергиясынын жогорулоосун берет жана  $PdV$  термодинамикалык жумуштай, джоуль менен өлчөнөт,  $\gamma$  -фазалар аралык тартылуу.

Дифференциалдык формадагы, F эркин энергия:

$$dF=dU-TdS-SdT. \quad (2.20)$$

(2.19) теңдемесине (2.20) колдонуу менен төмөндөгү теңдемени алабыз:

$$dF=-SdT - PdV + \gamma dA. \quad (2.21)$$

Мында 
$$\left(\frac{\partial F}{\partial A}\right)_{T,V} = \gamma; \quad (2.22)$$

$$\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_{V,A} = -S; \quad (2.23)$$

$$\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_{T,A} = -P. \quad (2.24)$$

Дифференцирлөө менен Гиббстин термодинамикалык потенциалы үчүн ( $G=H-TS=U+PV-TS$ ), төмөндөгүнү алабыз:

$$dG=dU+PdV+VdP-TdS-SdT \quad (2.25)$$

Мында 
$$\left(\frac{\partial G}{\partial A}\right)_{T,P} = \gamma; \quad (2.26)$$

$$\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_{P,A} = -S; \quad (2.27)$$

$$\left(\frac{\partial G}{\partial P}\right)_{T,A} = V. \quad (2.28)$$

Эгерде аралык фаза, ачык өзгөрүлмө курамда болсо, анда системадагы бөлүкчөлөрдүн саны өзгөрүлөт,  $\mu_i$  жана  $n_i$  аркылуу тиешелүү түрдө химиялык потенциалды жана молдун санынын  $i$ -компоненттин белгилесек, анда

$$dU = TdS - PdV + \gamma dA + \sum_i \mu_i dn_i . \quad (2.29)$$

Энтальпиясы  $H$ , эркин энергиясы  $F$  жана Гиббстин потенциалы  $G$  болгон өзгөрүлмөлүү бөлүкчөлөрү бар система үчүн төмөндөгүнү алабыз:

$$dH = dU + PdV + VdP = TdS + VdP + \gamma dA + \sum_i \mu_i dn_i ; \quad (2.30)$$

$$dF = dU - TdS - SdT = -SdT - PdV + \gamma dA + \sum_i \mu_i dn_i ; \quad (2.31)$$

$$dG = dH - TdS - SdT = -SdT + VdP + \gamma dA + \sum_i \mu_i dn_i . \quad (2.32)$$

Мында

$$\mu_i = \left( \frac{dU}{dn_i} \right)_{n_j, S, V, A} ; \quad (2.33)$$

$$\mu_i = \left( \frac{dH}{dn_i} \right)_{n_j, S, P, A} ; \quad (2.33')$$

$$\mu_i = \left( \frac{dF}{dn_i} \right)_{n_j, T, V, A} ; \quad (2.33'')$$

$$\mu_i = \left( \frac{dG}{dn_i} \right)_{n_j, T, P, A} . \quad (2.33''')$$

Интенсивдүү параметрлердин турактуу маанилеринде, бул теңдемелерди интегралдасак жана интеграл турактууларын эске албасак, анда төмөндөгүлөрдү алабыз:

$$U = TS - PV + \gamma A + \sum_i \mu_i n_i ; \quad (2.34)$$

$$H = TS + \gamma A + \sum_i \mu_i n_i ; \quad (2.35)$$

$$F = -PV + \gamma A + \sum_i \mu_i n_i ; \quad (2.36)$$

$$G = \gamma A + \sum_i \mu_i n_i . \quad (2.37)$$

(2.29)-(2.32) теңдемелерин жалпак тегиздик үчүн колдонсо болот. Кичине сфералык тамчы шартында, тамчыга кошумча заттын санын киргизүү менен А чоңдугунун өзгөрүшүн алууга болот. Шартка туура келген көлөмдүн өзгөрүшү

$$dV = \sum_i v_i dn_i, \quad (2.38)$$

мында,  $v_i$  – суюктуктун  $i$ - компонентине тура келген парциалдык молдук көлөм. Тамчынын көлөмү жана бетинин аянты, тиешелүү түрдө  $4\pi r^3/3$  жана  $4\pi r^2$  катыштары аркылуу аныкталат. Ошондуктан,

$$dA = 2dV/r = \sum_i 2v_i/r dn_i. \quad (2.39)$$

(2.32) жана (2.39) теңдемелеринин биргеликтеги чечими төмөндөгүнү берет:

$$dG = -SdT + VdP + \sum_i (2v_i\gamma/r + \mu_i) dn_i. \quad (2.40)$$

Анда, тамчыдагы  $i$ -компоненттин химиялык потенциалы  $\mu'_i$ :

$$\mu'_i = \left( \frac{dG}{dn_i} \right)_{n_j, T, P} = 2v_i\gamma/r + \mu_i; \quad (2.41)$$

$$\mu'_i - \mu_i = 2v_i\gamma/r. \quad (2.42)$$

Мына ошентип, жалпак жана ийри беттер үчүн, химиялык потенциалы төмөндөгүдөй жазылышы мүмкүн:

$$\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln P_i \quad \text{жана} \quad \mu'_i = \mu_i^0 + RT \ln P'_i.$$

Мында,  $P_i$  – жалпак беттеги буунун басымы,  $P'_i$  – ийри беттеги буунун басымы.

(2.42) теңдемесиндеги коюлган катыштан,

$$\ln \left( \frac{P'_i}{P_i} \right) = 2v_i\gamma/rRT \quad (2.43)$$

алабыз. Эгерде буу фазасында, суюктуктун тамчысынын ордуна, суюктуктагы буунун көбүкчөлөрүн карасак, мында ийрилик радиус терс деп кабыл алынып, (2.43) теңдемеси төмөндөгүдөй түргө келет:

$$\ln \left( \frac{P'_i}{P_i} \right) = -2v_i\gamma/rRT. \quad (2.44)$$

$\frac{2v_i}{r} = a_i$  деп белгилеп, (2.42) ден төмөндөгү теңдеме алынат:

$$\mu_i' = \mu_i + \gamma_i a_i. \quad (2.45)$$

Башка тараптан 
$$\mu_i' = \mu_i + RT \ln X_i^g, \quad (2.46)$$

мында  $X_i$  – атомдук үлүш,  $a$  жана  $\mathcal{B}$  индекстери тиешелүү түрдө көлөмгө жана бетке таандык.

(2.45) жана (2.46) теңдемелерин биргеликте чечип,

$$\gamma_i^a = \gamma_1^a + RT \ln X_1^a - RT \ln X_1^g, \quad (2.47)$$

$$\gamma_i^a = \gamma_2^a + RT \ln X_2^a - RT \ln X_2^g \quad (2.48)$$

жана 
$$\frac{X_2^a}{X_1^a} = \frac{X_2^g}{X_1^g} e^{\frac{\gamma_1 - \gamma_2}{RT}}, \quad (2.49)$$

теңдемелерин алабыз.

Акыркы теңдеме көрсөткөндөй, эки фазалар арасындагы беттик жука катмарда, анча чоң эмес беттик тартылууда, компоненттер конденсирленет. Газдарда жана суюктуктарда атомдорунун жана молекулаларынын концентрацияларынын айырмасынан, бөлүп турган чекарада, жука катмарчаларда басымдардын айырмасы пайда болот. Мындай катмарлардын калыңдыгы молекулалык-беттик же электробеттик күчтөрдүн аракет этүү радиустары менен аныкталат жана фазалардын чек араларында суюктуктун структурасы көлөм боюнча айырмаланат. Фазалардын чекаралар боюнча бөлүштүрүлүшүнүн көз ирмемдеги жок болуусу, беттик энергиялардын маанилеринин теңелүүсүнөн жүрөт жана жыйынтыгында ашыкча эркин энергия жылуулук түрүндө бөлүнүп чыгат.

Лабораториялык шартта, жогорудагыдай шартты алуу, суу-көбүкчөлүү гетерогендик аралашманы даярдоо жолу менен мүмкүн. Мындай аралашма көлөмү 500 мл болгон, термостатикалык идиште даярдалды. Термостаттагы суунун температурасы, термометрде фиксирленет жана контактык термометрдин жардамында башкарылат. Суу, вентил жардамында иштетилүүсү башкарылган ыкмада, көлөмдөн берилет. Суу-көбүкчөлүү аралашманы алуу үчүн, төмөндөгүдөй байланышты колдондук: суу насосу сууну, кесилиш аянты

кичине жылчыкка ээ Лавалья түтүгү аркылуу өткөрөт. Андагы суунун басымдарынын өзгөрүүсүнөн, көбүкчөлөрдүн пайда болуусу орун алат жана суу-көбүкчөлүү аралашманы алабыз. Андан ары аралашма, суу-көбүкчөлүү агым цилиндр көлөмүндөгү реактордун катуу бетине бурч боюнча багытталып урунган, туура кесилиш аянты чоң болгон гидроурунуу камерасына түшөт. Реактордун цилиндрдик көлөмүндө, кошумча кавитациялык көбүкчөлөрдү пайда кылуучу, куюндук агым жаралат [52,66]. Кавитациялык камерада, көбүкчөлөр жарылып майда, андан ары жарылуучу көбүкчөлөргө ажырайт.

Жыйынтыгында, бул кластердик структуранын бузулушунан, суунун термодинамикалык жана физико-химиялык мүнөздөмөлөрү өзгөрөт.

Мына ошондуктан, гидродинамикалык кавитациянын таасиринен, суу-көбүкчөлүү аралашма термодинамикалык касиеттерин өзгөртүп «гетерогендик суспензияга» айланат.

Бул өзгөрүү, реактордун катуу бетинде, көбүкчөлөрдүн жарылуу мезгилинде орун алат. Кавитациялык көбүкчөлөргө таасир этүүчү, басымдардын айырмасынын таасиринен, көбүкчөлөр ылдамдайт, кошумча пайда болот, кинетикалык энергиялары жогорулайт. Кинетикалык энергиянын чоңдугу (бетке урунуу энергиясы) молекулалык кластерлер арасындагы байланышты үзүү үчүн жетиштүү. Жыйынтыгында, кавитациялык көбүкчөлөрдүн жоголуу мезгилинде (жарылуусунда), чоң сандагы энергиянын бөлүнүп чыгуусу орун алат. «Жарылуулар» орун алган жерде бөлүнүп чыккан бул энергия, суюктуктун көлөмүндө жылуулукка айланат.

## **2.4 Кавитация процессинде суунун электрленүүсү**

Суюктукту майдалоодо электрленишин, биринчи 1786-жылы Швейцариядагы шаркыратмада аныкташкан. Абанын электрленүүсү боюнча бир кыйла жакшыраак эффекти, дүйнөдө эң чоң шаркыратма – Бразилия менен Аргентинанын чек арасындагы Игуассу шаркыратмасында (суунун түшүү бийиктиги 190м) жана Африкадагы Замбези дарыясындагы Виктория шаркыратмасыда (суунун түшүү бийиктиги 133м) байкалган.

Шаркыратмаларда суунун майдалануусунан электр талаасы пайда болот. Мисалы Викторияда талаанын чыңалышы 25 кВ/м чейин жетет. Суу түшкөн жерден алыстаган сайын талаа начарлайт, горизонтал багытта болжолдуу 1600м, вертикал багытта 500м алыстаганда, шаркыратмадагы электр талаасы жер бетинин нормалдуу электр талаасына өтөт. Белгилүү болгондой, тазартылган сууну майдалоодо, аба терс заряддалган абалга өтөт. Ошондуктан, шаркыратмалардагы абада, оң иондордун санына караганда терс иондордун саны жогорулап кетет [8].

Түрдүү чондуктагы тамчыларды бүркүү менен түрдүү электрдик чыгууларга ээ болобуз. Диаметри 4,4мм, кыймыл ылдамдыгы 6,8 м/сек болгон тамчыдан,  $0,89 \cdot 10^{-12}$  кулон/см<sup>3</sup> заряд бошотулса, ошол эле учурда диаметри 0,4мм, ылдамдыгы 4 м/сек болгон тамчыдан  $10^{-12}$  кулон/см<sup>3</sup> заряд бошотулат. Бир кыйла жогору интенсивдүүлүктөгү бүркүүдө, тамчылардан заряддардын бошотулуусу  $10^{-10}$  кулонду түзөт [100].

Баллоэлектрдик эффект диполдук суюктуктарда гана байкалат [8]. Эффекттин пайда болуусунун негизги себеби болуп, суюктуктун ичинде экилик электрдик катмарды түзгөн, суюктуктун бетинде диполдук катмардын болушу. Диполдун электр талаасы суюктуктун тереңине чейин таасир этип, эркин заряддарды чек арасына концентрациялайт. Диполго ээ болбогон суюктуктарда, беттик экилик электрдик катмарынын электр талаасы, суюктуктун ичине таасир этпейт.

Мына ошентип, суюктуктарды бүркүүдөн жука кабыкчада суюктуктун беттик заряды, ички беттик заряддары менен компенсацияланышпаган, көбүкчөлөр пайда болот, аба көбүкчөнүн жука кабыкчасындагы ашыкча заряддар менен жана суюктуктун кичинекей бүртүкчөлөрү менен биргеликте кетет. Ички катмарларындагы эркин заряддар менен суюктуктун бетин адсорбциялоодо, ички экилик электрдик катмардын электр талаасынын эффективдүү чоңдугунун азайуусу жүрөт, зарядынын белгиси өзгөрөт.

1966-жылы Петерсон [100] гидродинамикалык кавитация учурунда, көбүкчөлөрдүн жарылуусу жүрүп жаткан аймакта, жарык нурданууларын байкаган.

XX кылымдын 70-жылдары Колдомасов А.И. [97] тарабынан, кууш каналдан өтүп жаткан дистиллирленген суудан жылтылдоону байкаган. Жылтылдоонун табияты, сууну кавитациялоодо плазмалык разряддалуу менен түшүндүрүлгөн. Бир гана разряддалуунун пайда болуу себеби жана плазманы пайда кылуучу булактар аныкталбай калган. Бул кубулушту Колдомасов А.И. муздак ядролук синтез деп атаган. Кийинчерээк (2007-2010жж.) окшош кубулуштар, органикалык суюктуктарды жогорку ылдамдыкта кууш диэлектриктик каналдардан өткөрүү менен кавитациялык изилдөө жүргүзгөн учурларда байкалды [20,60].

Жарык жылтылдоонун байкалышы, каналдын кирүүсүнөн 2-3 мм алыстыктагы, бир кыйла кууштатылган, диаметри 1-2 мм болгон Вентури капиллярында, агымынын кыймылынын ылдамдыгы 40 м/с дан жогору болгон аймакта орун алган. Каналдын борбордук бөлүгүндөгү агымында, жылтылдоо бүлбүлдөө көрүнүшүнө өткөн.

Лавалья түтүгү тибиндеги кууш канал аркылуу өткөрүү менен аралашмасы бар суунун электрленишин изилдөө үчүн, суюктуктардын өтүүсүндө кавитациялык эффект жаратуучу атайын стенд түзүлдү. Чындыгында, пайда болгон көптөгөн кавитациялык көбүкчөлөр, курчап турган чөйрөнүн басымынын таасиринен кайрадан жарылууга дуушар болушат. Мына ошондуктан, жарылуу аягында кыска убакытка көбүкчөгө толгон буу-газдык аралашманын басымы абдан жогорулаган болот. Көбүкчө катуу бетке урунуп жарылганда, бетиндеги материалды талкалоочу, суюктуктун микроскопикалык кумулятивдик агымы пайда болот.

Суюктуктагы көбүкчөлөрдүн кавитациясын теориялык изилдөө Рэлейдин мезгилинен эле башталган. Көбүкчөлөрдүн сферикалык симметриялуу жарылууларынан жогорку температураларды жана тыгыздыктарды алуу иши, сонолюминесценцияны байкоо менен бириктирилген.



Сонолюминесценциянын электрдик теориясын негиздеген советтик физик Я.И.Френкель 1940-жылдары эле [86], катуу телолордо жараканын пайда болгонундай эле, суюктуктарда кавитациялык тилкелер пайда болот деген. Чындыгында суу квазикристаллдык структурага ээ. Суунун молекуласы күчтүү уюлдашкан, ошондуктан мындай сууда тилке каршы тараптардан, Френкельдин оюу боюнча, иондук кристаллды кескендей карама-каршы белгидеги заряддардын пайда болуусунан пайда болот. Андан кийин, тилке болгон беттер арасында, буу-газдык чөйрөдө газдын атом жана молекулаларынын дүүлүгүсүн башкарган, фотондорду чыгарган электрдик разряддалуу жүрөт.

Начар өткөрүүчү органикалык суюктуктардын каналдардан өтүүсүндө, компенсацияланышпаган көлөмдүк электрдик заряддардын (электрленишинин) пайда болуусу, суюктуктагы оң жана терс заряддалган иондордун бет менен аракеттенишүүлөрүнүн түрдүүлүгүнөн, ошондой эле бөлүү чекарасынан түрдүү сорттогу иондордун түрдүүчө ылдамдыкта өткөрүлүүсү менен байланышта. Бул процессти түшүндүргөн, адабияттардагы теориялык моделдер [20,60,86,97,100], суюктуктун чек арасындагы начар дүүлүккөн иондордун концентрациясына негизделген. Мына ошентип, төмөнкү температурадагы сейрек иондошкон газ аралашмасынын канал аркылуу өтүүсүндө, сырткы электр талаасынын жашабоосу, чекарага жакын жерде электродиффузиялык оң заряддалган жука катмардын жашоосу болуп саналат. Мындай катмардын пайда болуу механизми, беттин заряддалган бөлүкчөлөрүнө салыштырмалуу оң иондордун жана электрондордун кыймылдуулугунун чоң болушу менен түшүндүрүлөт.

Мына ошентип, суюктуктун агымында электрдик заряддардын жашоосу жана чоң тартылуу чыңалууларынын болушу, жетишерлик интенсивдүүлүктөгү жарык нурданууларынын пайда болууларына себеп болушу мүмкүн.

## 2.5 Суспензиянын физика-технологиялык касиеттерине кавитация эффектинин тийгизген таасири

Көбүкчөлөрдүн жарылуусунун физикасы кызыктуу процесс болуп, өзүнчө көбүкчөнүн жарылуусун татаал процесс катары изилдөөгө татыктуу. Гиббстин адсорбциондук формуласы [27] жардамында ар кандай фазалар аралык чек араны жазса болот, бирок нейтралдык заттардын электрленүүсүндө тийишип турган фазанын бетиндеги пайда болууларды же өзгөрүштөрдү эске албайт.

Суунун электрленип калуу кубулушун, 1892-жылдары эле Леонард [98,99], кийинчерээк Фрумкин [87,88] тарабынан көрсөтүлгөн, мисалы, суу-аба чек арасында потенциалдын секириги 0,1-0,2 В чоңдугуна жетет. Бир кыйла ишенимдүү мисал, А.Эйнштейндин «лорд Кельвиндин туулган күнүнүн жүз жылдыгына» макаласында келтирилген [95].

Белгилүү болгондой, Кельвин-Томсон тарабынан жогорку чыңалуудагы генераторлорду түзүүдө суунун электрленишинин касиеттери колдонулган.

Мына ошентип, нейтралдык суюктуктарда, Гиббстин адсорбциондук теңдемеси тарабынан эске алынбаган, суюк фазанын беттик электрлениши байкалат.

Беттик катмардын электрдик өткөрүмдүүлүгүнүн жогору болушу, молекуланын диполдук ориентирлөөсүнөн эле эмес, заряддарды эркин алып жүрүүчүлөргө да негизделген потенциалдын беттик секиригин күбөлөндүрөт.

Электрохимиялык потенциалдарды колдонуудан, Гиббстин адсорбциондук теңдемеси төмөндөгүдөй түргө келет:

$$d\gamma = -S^s dT - \sum \Gamma_i d\mu_i - \sum \Gamma_j d\mu_j . \quad (2.50)$$

Мында, индекс  $i$  заряддалган компоненттерди (иондорду, электрондорду), индекс  $j$  – нейтралдык компоненттерди мүнөздөйт. Заряддалган компоненттерди заряддардын беттик тыгыздыгы  $\sigma$  аркылуу,  $\alpha$  жана  $\beta$  тийишкен фазалардын потенциалдар айырмасын  $\varphi^\alpha - \varphi^\beta = E$  аркылуу белгилеп, (2.50) теңдемесин

$$d\gamma = -S^s dT - \sigma dE - \sum \Gamma_j d\mu_j , \quad (2.51)$$

көрүнүшүндө жазсак болот.

Системанын турактуу температура жана курамында, бул теңдеме Липпмандын теңдемесине өтөт [27],

$$\left(\frac{\partial \gamma}{\partial E}\right)_{\mu_i} = -\sigma. \quad (2.52)$$

(2.52) электрокапиллярдуулук теңдемеси деген аталышка ээ. Беттик катмардагы суунун нейтралдык молекулаларын диссоциациялоодо пайда болуучу иондор жана электрондор эркин заряддалган бөлүкчөлөр болушат.

Заряддарды алып жүрүүчүлөрдүн жаратылышы, беттик катмардагы саны канчалык белгисиз болбосун, бардык заряддардын талаасынын толук электрдик энергиясы, системаны поляризациялоодогу салыштырмалуу жумуш түрүндө аныкталат [11,85]:

$$\delta W = EdP. \quad (2.53)$$

Мында,  $P = p^*V$ , а  $p^*$  - көлөмдөгү молекулалардын электрдик моменттеринин вектордук суммасына барабар болгон, каралып жаткан системанын бирдик көлөмүнүн электрдик моменти;  $E$  – электр талаасынын чыңалышы.

Жалпак беттүү бөлүүчүсү  $\Omega$  болгон эки фазалуу система үчүн термодинамиканын биринчи жана экинчи башталыштарынын биригүүсүнүн көрүнүшү төмөндөгүдөй болот [27]:

$$dU = TdS - pdV + \gamma d\Omega + \sum \mu_i dN_i + \sum Y_i dy_i. \quad (2.54)$$

Мында,  $U$ -системанын толук энергиясы,  $T$ -абсолюттук температура,  $S$ -энтропия,  $\gamma d\Omega$ - беттик катмардын тартылуусундагы механикалык жумуш,  $\sum Y_i dy_i$  – системанын үстүнөн аткарылган, аркандай башка жумуш, ( $Y_i$ - жалпыланган күч,  $y_i$ - жалпыланган координата),  $\mu_i$  жана  $N_i$ - толук химиялык потенциал жана  $i$ -компонентинин молунун саны.  $(dU)_{S,V,Y_i,N_i,\Omega} = 0$  аткарылган учурда, Гиббстин теңсалмактуулук принцибин мүнөздөгөн теңдеме болот.

(2.54) төн  $EdP$  аркылуу  $\sum Y_i dy_i$  нун жыйынтыгын чыгарсак (2.54) теңдемеси төмөндөгүдөй формага келет:

$$dU = TdS - pdV + \gamma d\Omega + \sum \mu_i dN + EdP, \quad (2.55)$$

мында  $\gamma, E, P$  тиешелүү түрдө беттик тартылуу, электр талаасынын чыңалышы, каралып жаткан көлөмдүк суюктуктун поляризациясы.

$S, V$  жана  $p$  өзгөрмөлөрүнөн  $T, P$  жана  $E$  өзгөрмөлөрүнө өтсөк, анда

$$dG^* = -SdT + Vdp + PdE + \gamma d\Omega \quad (2.56)$$

алынат. Мында  $G^* = U - TS + pV + EP$ .

Системадагы турактуу  $T$  температура жана  $p$  басымда (2.56) теңдемеси төмөндөгүдөй көрүнүшкө келет:

$$dG^* = \gamma d\Omega + PdE. \quad (2.57)$$

Эгерде  $dG^*$  толук дифференциал болсо, анда ага Максвеллдин катышын колдонсо болот [80], б.а.

$$\left(\frac{\partial \gamma}{\partial E}\right)_{T, P, \Omega} = -\left(\frac{p \partial V}{\partial \Omega}\right)_{T, P, E}. \quad (2.58)$$

(2.58) теңдемесин

$$\left(\frac{\partial \gamma}{\partial E}\right)_{T, P, \Omega} = \left(\frac{\partial \gamma}{\partial \Delta \chi}\right) \left(\frac{\partial \Delta \chi}{\partial Z}\right) \left(\frac{\partial Z}{\partial E}\right) = -\left(\frac{PZ \partial \Omega}{\partial \Omega}\right), \quad (2.59)$$

көрүнүшүндө жазуу менен жана электростатикадагы катышты:  $\left(\frac{\partial \Delta \lambda}{\partial Z}\right) = -E$ ,

$E = -4\pi\rho$ ,  $\partial E / \partial Z = 4\pi(\rho^{сөөбөд} + \rho^{сгыз})$  (Пуассон теңдемеси) эске алуу менен, ошондой эле  $\int \rho dZ = \sigma$  (мында  $Z$ -беттик катмардын сызыктуу өлчөмү) барабардыгын (2.59) теңдемесине колдонуп:

$$\left(\frac{\partial \gamma}{\partial \Delta \chi}\right)_{T, P, \Omega} = -(\sigma^{сөөб} + \sigma^{сгыз}), \quad (2.60)$$

алабыз. Мында  $\sigma^{сөөб}$  жана  $\sigma^{сгыз}$  - эркин жана байланышкан заряддардын беттик тыгыздыгы. (2.60) дан көрүнүп тургандай оң тарабы макроскопикалык талаанын  $E$  беттик катмарынын толук зарядын берет.

(2.60) теңдемесин чыгарууда чектөөлөр колдонулган жок. Мына ошондуктан ар кандай фазалар аралык чекараны кароодо туура болот.

«Кадимки» токтуун өткөрүмдүүлүгүнүн тыгыздыгы менен  $dP/dt$  токтуун тыгыздыгынын жалгыз айырмачылыгы, биринчиси кыймылдагы эркин

заряддарга тиешелүү, экинчиси – байланышкан заряддарга. Стационардык токту байланышкан заряддар аркылуу алууга болбойт.

Мындай учурда Максвеллдин теңдемесин [80] төмөндөгүдөй жазабыз:

$$\operatorname{rot} \vec{B} = \frac{1}{c} (d\vec{E}/dt + 4\pi d\vec{P}/dt + 4\pi \vec{j}). \quad (2.61)$$

Мында  $d\vec{E}/dt$  - вакуумдагы жылыш тогунун тыгыздыгы,  $d\vec{P}/dt$  - байланышкан заряддардын тогунун тыгыздыгы жана  $\vec{j}$  - эркин заряддардын тогунун тыгыздыгы.

$dE/dt + 4\pi dP/dt = dD/dt$  чоңдугу – жылыш тогу деп аталат.

Киргизилген диполдук момент. Электр талаасы уюлдуу суюктуктун бөлүкчөсүнө таасир эткенде, бөлүкчөнүн ички жана сырткы заряддары, жасалма диполдук моменттерди пайда кылуу менен поляризацияланат. Диполдун  $\vec{P}$  векторунун абсолюттук мааниси:

- бөлүкчөнүн чоңдугунан;
- байланышкан электр талаасынын абсолюттук маанисинен;
- поляризацияланыш жөндөмдүүлүктөрүндөгү бөлүкчө менен чөйрөнүн айырмачылыктарынан көз каранды.

Диэлектрдик чөйрөдөгү гомогендик диэлектрдик сферанын жыйынтыктоочу диполдук моменти  $\vec{P}$  төмөндөгүдөй жазылышы мүмкүн [90]:

$$\vec{P} = 4\pi\xi_2 f(\xi_1, \xi_2) r^3 \vec{E}. \quad (2.62)$$

Мында  $f(\xi_1, \xi_2) = [(\xi_1 - \xi_2)/(\xi_1 + 2\xi_2)]$  - Клаус Мозотти фактору,  $\xi_1$  жана  $\xi_2$  - тиешелүү түрдө чөйрөнүн жана  $r$  радиустагы бөлүкчөнүн диэлектриктик турактуулары жана  $E$  – электр талаасынын чыңалышы.

Адатта, комплекстик диэлектриктик турактуулук  $\xi = \varepsilon - i(\sigma/\omega)$  деп кабыл алынат, мында  $\varepsilon$  - чыныгы диэлектриктик өткөрүмдүүлүк,  $\sigma$  - салыштырмалуу өткөрүмдүүлүк,  $\omega$  - бурчтук жыштык.

Эгерде  $\xi_1 > \xi_2$  болсо, анда  $f(\xi_1, \xi_2) > 0$  жана жыйынтыктоочу диполдук момент  $\vec{P}$  вектору менен бирдей багытталган болот. Каршы учурда, эгерде  $\xi_1 < \xi_2$  болсо, анда  $f(\xi_1, \xi_2) < 0$ ,  $\vec{P}$  каршы  $\vec{E}$  болот.

$\vec{F}$  диполуна таасир этүүчү күч:

$$\vec{F} = \text{Re} \left\{ \nabla \vec{E} \right\} \quad (2.63)$$

негизги теңдемеси аркылуу эсептелет. Мында,  $\vec{P}$  - бөлүкчөнүн жасалма диполдук моменти,  $\vec{E}$  - электр талаасынын чыңалышы.

$V$  көлөмдөгү бөлүкчө үчүн (2.63) формуласы төмөндөгүдөй түргө келет:

$$F(t) = R \int_V \left\{ \nabla \vec{E} \right\} \text{Re} \left\{ \nabla E^2 \right\} dV. \quad (2.64)$$

Гомогендик заряддалбаган сферанын эффективдүү поляризациялоо жөндөмдүүлүгү төмөндөгүдөй аныкталат [85]:  $U = \xi_2 f(\xi_1, \xi_2)$ . (2.65)

(2.63) жана (2.64) тен төмөндөгүгө ээ болобуз:

$$F = 2\pi r^3 \xi_2 \text{Re} \left\{ \frac{\xi_1 - \xi_2}{(\xi_1 + 2\xi_2)} \nabla E^2 \right\}. \quad (2.66)$$

### **III ГЛАВА. КАВИТАЦИЯ ЖАНА ЭЛЕКТРОМАГНИТТИК ТААСИР ЭТҮҮНҮН НЕГИЗИНДЕ СУУ-ЭМУЛЬСИЯЛЫК КҮЙҮҮЧҮ АРАЛАШМАНЫ АЛУУНУН ТЕХНОЛОГИЯСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ**

#### **3.1 Кавитацияны генерирлөөчү түзүлүштү түзүү**

Кавитациялык түзүлүштүн (КТ) жаралышынын негизи, Лавалья түтүгүнүн жардамында кавитация эффектинин пайда болушунда [52,101]. Кавитациялык түзүлүш кавитаторду, өз ара туташтырылган патрубкарды, суу насосун, индивидуалдык жылуулук датчиктерин, бак-аккумуляторду жана жылуу суу алынуучу индивидуалдык трубаөткөргүчтөрдү камтыйт. Патрубкарлар жана трубаөткөргүчтөрдүн кесилишинде бекитүүчү түзүлүш жайгаштырылган. Түзүлүштүн бак –аккумулятору сууну жөнөтүүчү жана алып келүүчү трубаөткөргүчтөр, суу насосу менен камсыздалган.

Кавитация процессинде жылуулук энергиясынын бөлүнүп чыгуусу, физикадагы энергиянын бир түрдөн экинчи түргө өзгөрүү принцибине негизделген. Суюктуктун кайсы жеринде басым критикалык  $P_{кр}$  маанисинен кичине болсо, ошол жерде кавитациялык көбүкчөлөр пайда болот (Реалдуу суюктуктарда  $P_{кр}$ , ушул суюктуктун берилген температурасындагы каныккан буусунун басымына барабар). Гидродинамикалык кавитация, суюктуктун бардык массасынын кавитациялык тилкелерди (өсүүсү жана жарылуусу) пайда кылуусуна катышкандыгы менен мүнөздөлөт. Диаметрдик чоңдугуна жакын болгон кавитациялык көбүкчөлөрдү генерирлөө шарты коюлат. Көбүкчөнүн ичиндеги газдар жана буулар кысылганда, интенсивдүү жылуулук бөлүп чыгарып, көбүкчөгө жакын турган суюктуктун бөлүгүн ысытат, мына ошентип ыссык “микрообласть” түзүлөт [66]. Көбүкчөнүн жарылуу алдындагы температурасынын жана басымынын анык маанилерин, теориялык да эксперименталдык да жол менен аныктоо кыйын. Жылуулуктун таралуусу канчалык тез болбосун, жарылуудагы көбүкчөнүн температурасын термометр менен өлчөөгө болбойт. Иллинойский университетинен Эрбан-Шампендин берген баасы боюнча, суюктукту ысытуу да, муздатуу да  $109^{\circ}\text{C}/\text{сек}$  ылдамдыктан жогору болот. Бул, абсолюттук нөл температурасына чейин

муздатылган бетке чачылган, эритилген металлдын муздоосунун ылдамдыгы менен дал келет. Д. Хаммертон [34], жарылуудагы көбүкчөлөр менен байланыштырылган, эки түрдүү температурадагы аймактардын абалын тургузган. Көбүкчөдөгү газдын температурасы  $5500^{\circ}\text{C}$  чейин жетет, анда көбүкчөнүн жанындагы суюктуктун температурасы -  $2100^{\circ}\text{C}$ . Ага карабастан, бул аймактын температурасы өтө жогору, микрообласть өзү, жылуулук тез таркагыдай өтө кичине. Мына ошондуктан, убакыттын каалаган моментинде, суюктуктун негизги массасынын температурасы  $+95^{\circ}\text{C}$  дан ашпайт [49].

*Кавитациялык эмульгаторду ылгоо жана жаратуу.*

Куюндуу жылуулук генераторлорунда, суунун агымы куюндалуудан жогорку ылдамдыктарга чейин ылдамдык алат, натыйжада, ошол аймактагы суюктуктун басымы атмосфералык басымдан бир топ төмөн болуп, жыйынтыгында кавитациялык көбүкчөлөр пайда болот. Бул агымдын жүрүүсүндө, механикалык тосмо аркылуу токтотулат, суюктуктагы басым кескин жогорулайт да, кавитациялык көбүкчө жарылат. Мындан, суюктуктун куюн кыймылын пайда кылууда сарпталган электр энергиясынан эки эсе чоң болгон жылуулук энергиясы бөлүнүп чыгат [96].

Мындай жылуулук генераторлору үйлөрдү жылытууда колдонулат. Алардын негизги жетишпегендиги, ашыкча жылуулук энергиясын өндүрүп чыгара албагандыгында. Кошумча жетишпестиги болуп, эффективдүүлүгү анчалык жогору болбогондугунда [42].

Конструкциясы жана иштөөсү боюнча бир кыйла жакын болгон жылуулук генератору болуп, индивидуалдык имараттарды жылытуучу, иштөөсү төмөндөгүдөй болгон түзүлүш саналат [101]. Насос сууну белгилүү басымда, кичине диаметрлүү параллель трубалар аркылуу, атайын идишке өткөрөт. Суунун агымынын ылдамдыгы кескин азайганда, гидродинамиканын законуна ылайык басымы жогорулайт, жыйынтыгында кавитациялык көбүкчөлөр жарылып жылуулук энергиясы бөлүнүп чыгат. Идиштеги суу ысыйт, жылытуу үчүн колдонулат. Бул түзүлүштөгү кемчилдик конструкциялык татаалдык жана куроодогу көп чыгымды талап кылгандыгы.



Ошондуктан, конструкциясы жөнөкөй жана эффективдүү кавитациялык түзүлүштү жаратуу актуалдуу маселелерден.

Автор тарабынан берилген кавитациялык модулдун техникалык чыгарылышынын максаты болуп [1]:

- конструкциясын жөнөкөйлөтүү;
- жумушчу бөлүктөрдүн кавитациялык жешилүүсүн азайтуу.

Коюлган максаттарга жетүү үчүн:

1. Кавитациялык энергия өзгөртүүчүдө, суунун ички энергиясын жылуулукка өзгөртүү максатында кавитациялык көбүкчөлөрдү тынымсыз камсыздоо жана кавитациялык өзгөртүүчү системанын жылуулук генераторунун функционалдык мүмкүнчүлүгүн кеңейтүү үчүн, суу каналынын туурасынан кесилишин Лавалья түтүгү көрүнүшүндө жасалган;

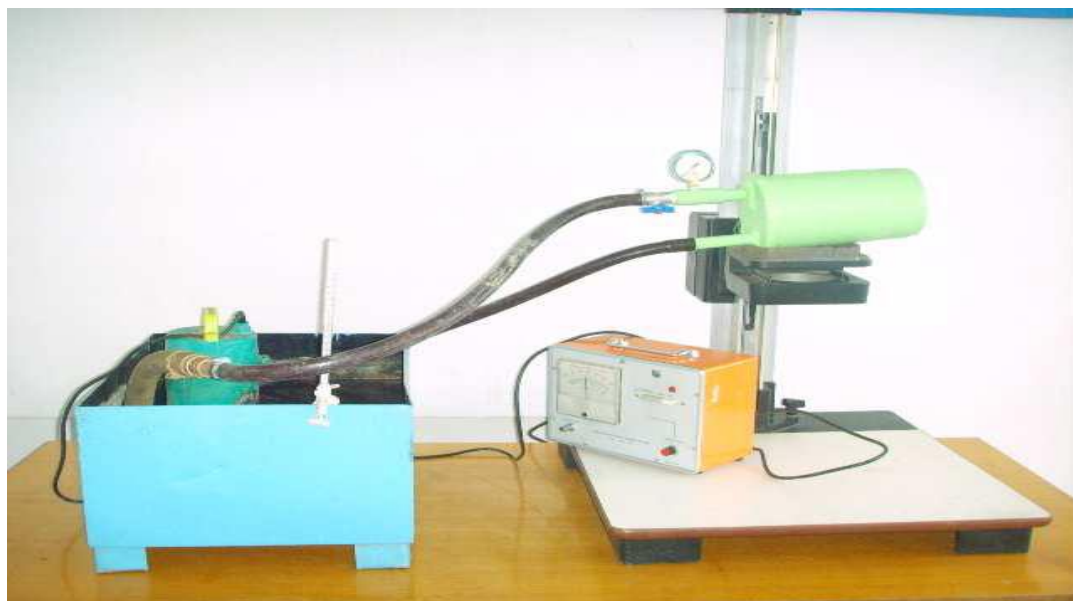
2. Кең пределде жана түрдүү эксплуатациялык шарттарда, энергиялык өзгөртүп башкарууну камсыздаш үчүн Лавалья түтүгүнүн суюктук жүрүүчү жолунун кесилиши өзгөрмөлүү болуп жасалган б.а. өтүү кесилишинде анын өздүк кысылуусу орун алган жана суюктуктун агымын токтотуучу башкарылуучу бөлүгү орнотулган. Андан сырткары, кавитациялык процесстерди циркуляция каналдарынын кирүү жана чыгууларынын кесилиштерин өзгөртүү менен активдештирилет.

*Өлчөөлөрдү жүргүзүү усулу.*

20 °C дагы суу кавитаторго (Лавалья түтүгү) келет. Кавитатордон өтүп жаткан суу көбүкчөлөрдү пайда кылат жана көбүкчөлөрдүн жарылуу процессинде суу ыссыт [1]. Ыссыган суу, трубаөткөргүчтөр аркылуу жылуулук энергиясын керектөөчүлөргө берилет. Түзүлүштү керектүү иштөө режимине келтирип, 10-15 минута аралыгында стабилдүү иштөөсүнө калыптандырып, керектүү өлчөөлөр жүргүзүлөт. Электр насосунун кубаттуулугу ваттметр менен өлчөнөт. Жылуулукту бөлүп чыгаруу кубаттуулугу эки өлчөнүүчү чондуктардын көбөйтүндүлөрү аркылуу: термпаранын жардамында өлчөнүүчү, кавитатордун кирүүсүндөгү жана чыгуусундагы температуралардын айырмасы жана манометрдин жардамында

өлчөнгөн, кавитатор аркылуу өткөн суюктуктун өлчөмү жана иштетилген суюктуктун жылуулук сыйымдуулук турактуулугу чоңдуктарын өлчөө менен аныкталат. Сунушталган усулду аткаруудагы керектелинген кубаттуулук ушул усулда өндүрүлгөн жылуулук энергиясынын кубаттуулугунан орточо эсепте эки-үч эсе аздык кылаары келип чыгат.

КТтүн сунуш кылынган модулу 3.1- сүрөтүндө көрсөтүлгөн.



3.1-сүрөт. Лабораториялык кавитациялык түзүлүш.

КТ түн берилген модулу башка аналогиялык түзүлүштөрдөн гидроурунуу тосмосунун [84] башкарылуусу менен айырмаланып, сууну айдоочу насостон, сууда кавитациялык көбүкчөлөрдү пайда кылуучу – активатордон жана кавитатордон турат. Суу, гидроурунуу көлөмүндөгү көбүкчөлөрүнүн жарылууларынан жылуулуктун чоң маанисине ээ болуп, жылытуучу радиатор аркылуу жылуулугун таркатып, трубаөткөргүчтөр аркылуу суу насосуна келип, жумушчу (айлануу) циклын аяктайт жана андан ары чектелбеген санда кайталанышы мүмкүн.

Эксперименталдык шартта, жылуулукту алып жүрүүчүнүн (суу) температурадан көз карандылыгы, түзүлүш аркылуу бир айлануусунда, кирүү патрубкасындагы жана процесс орун алуучу көлөмдөгү таасирлерден кийин,  $10^{\circ}\text{C}$  чейин жылыйт.

Мына ошентип, сунуш кылынган кавитация эффекттин колдонуу менен, суюктуктун (суунун) ички энергиясын жылуулука айландырууну өндүрүштүк масштабда ишке ашырсак болот.

КТ түн сунуш кылынган жылуулуку генераторунун артыкчылыгы болуп[1]:

- энергияны өзгөртүү коэффициенти 100%ти түзөт;
- түзүлүш автономдуу иштейт, аны башкаруу үчүн борборлоштурулган жылуулуку түйүнүнө туташтыруу талап кылынбайт;
- от казандарын жана жылуулуку коммуникацияларын жылуулуку менен камсыздоо сезонунан даярдоого багытталган каражаттардан бошотулат, башкача айтканда жылуулуку генератору пландуу профилактикага муктаж болбойт;
- жылуулуку алып жүрүүчүнүн жумушчу температурасын корректировкалоо жеңил;
- электрэнергиясы, гидронасостун жеткирип берүүсүндө азыктануусу үчүн гана керектелет;
- эксплуатациялоонун жөнөкөйлүгү, тейлөөдө эмгектенүүнүн минималдыгы;
- жогорку экономикалык эффективдүүлүк;
- курчаган атмосферага зыяндуу таштандылардын болбоосу;
- тез арада өзүн өзү актайт.

КТ иштөө мезгилинде тейлөөнү талап кылбайт, тактап айтканда түз ысытуучу элементтери жок жана бөлүктөрдө регулярдун алмаштырып туруу муктаждыгын жаратпайт. Системанын температурасын автоматтык түрдө жогорулатып турат. Түзүлүштүн иштөөсүндө жарылуу коркунучу туулбайт. Түзүлүштү орнотууда атайын фундамент же башка курулуш иштери талап кылынбайт. Мына ошентип, КТтү жашаган үйлөрдү, административдик мекемелерди, өндүрүштү жана айыл чарбасын жылуу суу менен камсыздоо максатында пайдаланса болот.

### 3.2 Суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманы алуунун технологиясы

*Кавитация эффектнин негизинде алынган, суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманын физика-технологиялык касиеттери.*

Кавитация өзүн чөйрөнүн куюндалуусунда же гидродинамикалык урунуу шарттарында, суюктукта газ көбүкчөлөрүнүн пайда болуусу аркылуу көрсөтөт. Кавитация процессинде үч түрдүү өсүүлөр орун алат: газ көбүкчөлөрүнүн пайда болуусу; эки көбүкчөнүн пайда болуусу эрежесиндей, бөлүнүү менен коштолгон белгилүү өлчөмгө чейинки өсүүсү; жарылуу б.а. көбүкчөлөрдүн жок болуусу [52,66].

Жарылуу процессинде [66] (жарылуу, көбүкчөнүн борборун көздөй багытталган) энергиянын бөлүнүп чыгуусу, чоңдугу боюнча суюктуктун касиеттеринен, көбүкчөнүн радиусунан жана сырткы шарттардан көз каранды. Мына ошондуктан, урунуу процессинде көбүкчөнүн жарылуусунан бөлүнүп чыккан энергиянын чоңдугу, радиустун үчүнчү даражасына барабар жана  $2-5 \times 10^7$  атмосфера чоңдугун түзөт.

Кавитацияда жарылуу энергиясы, негизинен курчаган чөйрөгө жутулат жана бир акта чөйрөнүн касиети сезилерлик өзгөрбөйт. Бирок, көбүкчөлөрдүн саны чексиз көбөйгөндө анын пайда болуусу, жашоо узактыгы жана жарылуусу суюктуктун касиеттеринин өзгөрүүсүнө, анын химиялык курамынын өзгөрүүсүнө жана алардан сырткары нейтрондордун жана радиоактивдүү нурдануулардын пайда болуусуна алып келет.

Эмульсия, эки түрдүү суюктуктан турган система болуп, алардын салыштырма салмагы, компоненттердин салыштырма салмактарынан жана сандык катыштарынан көз каранды болот [72,73]. Эмульсиянын салыштырма салмагы төмөндөгү формула менен аныкталат:

$$\gamma_s^t = \gamma_T^t(1 - W_\phi) + \gamma_\phi^t W_\phi, \quad (3.1)$$

мында  $\gamma_s^t$  – берилген температурада бирдик көлөмдөгү эмульсиянын салыштырма салмагы;  $\gamma_T^t$  – ушул эле температурада бирдик көлөмдөгү күйүүчү

заттын салыштырма салмагы;  $\gamma'_e$  – ушул эле температурада бирдик көлөмдөгү суунун салыштырма салмагы;  $W_\phi$ -эмульсиядагы суунун өлчөмү, % менен.

Күйүүчү заттын салыштырма салмагынын температурадан көз карандылыгын жакындатылган формуланын жардамында эсептөөгө болот:

$$\gamma'_T = \frac{1}{V'_T} = \frac{1}{V_T^{20}(1 + \alpha t)} \quad (3.2)$$

Мында,  $V'_T$  –  $t$  температурасындагы күйүүчү заттын көлөмү;

$V_T^{20}$  –  $t=20^\circ\text{C}$  температурасындагы күйүүчү заттын көлөмү, андан сырткары  $V_T^{20} = 1/\gamma_T^{20}$ ;

$\alpha$  – күйүүчү заттын көлөмдүк кеңейүү коэффициенти;

$\gamma_T^{20}$  –  $t=20^\circ\text{C}$  температурасындагы бирдик көлөмдөгү күйүүчү заттын салыштырма салмагы.

Көлөмдүк кеңейүү коэффициенти ( $\alpha$ ) маанисинин, күйүүчү заттын салыштырма салмагынан ( $\gamma'_T$ ) көз карандылыгы, 3.1-таблицасында келтирилди:

3.1 -таблица. Көлөмдүк кеңейүү коэффициенти маанисинин, күйүүчү заттын салыштырма салмагынан көз карандылыгы

№, п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Салыштырма салмактын өзгөрүү предели, кг/м <sup>2</sup>	800-820	820-840	840-860	860-880	880-900	900-920	920-940	940-960	960-980	980-1000
Көлөмдүк кеңейүүнүн орточо коэффициенти, $\alpha * 10^4$	9,37	8,82	8,31	7,82	7,37	6,88	6,45	6,04	5,64	5,26

Алдын, адатта күйүүчү заттын  $20^\circ\text{C}$  температурасындагы салыштырма салмагынын мааниси берилет, (3.2) формуласынын жана 3.1-таблицасынын жардамында эмульсиялык заттын өзүнүн салыштырма салмагы эсептелинет.

3.2-таблицасында кээ бир чөйрөлөрдөгү фазалар аралык чек аранын беттик тартылуусу келтирилген.

3.2 – таблица. Чөйрөлөрдөгү фазалар аралык чек аранын беттик тартылуусу

№, п/п	Система	Температура, °C	Фазалар аралык чек аранын беттик тартылуусу, $\sigma * 10^4$ , кг/м
1	Керосин-аба	20	27
2	Керосин –суу	20	44
3	Бензин-суу	20	73
4	Суу-мазуттук эмульсия-аба	50	42-50

Ар кандай эмульсиянын, ошонун катарында СЭЖАнын сапаты, бардык бирдей шарттарда көптөгөн дисперстик даражаларында б.а. фазанын түрдүү дисперстик өлчөмдөрүндө аныкталат. Канчалык дисперстүүлүгү жогору болсо, б.а. суу фазасынын тамчысынын өлчөмү канчалык кичине болсо, суунун тамчылары бири-биринен канчалык аз айырмаланса, анда суунун күйүүчү заттагы бир калыптагы бөлүштүрүлүүсү ошончолук жакшырат, эмульсиянын туруктуулугу жогорулайт, күйүүчү зат катары аралашманын сапаты жакшырат. Суу фазасындагы дисперстик тамчылар эмульсияны алуу ыкмасынан, таасир этүү ыкмасынан, ал эми механикалык аралаштырууда – эмульсия даярдалуучу жумушчу элементтердин жана көлөмдүн өлчөмдөрүнөн, айландыруучу бөлүктүн ылдамдыгынан же эмульсияны кавитациялык ыкмада алууда суюктукка берилүүчү импульстардын санынан көз каранды.

Эмульсиянын критикалык дисперстиги 1 мкм диаметрлик пределде жатат, мына ошондуктан жогору дисперстик эмульсияны өндүрүштүк шартта механикалык диспергирлөө аркылуу алууга болот [73].

Лабораториялык аралаштыргычта даярдалган, микроскопто 400 эсе чоңойтулуп аныкталган суунун өлчөмүнүн аралаштыруу убактысынан көз карандылыгы, эмульсиянын дисперстик фазасынын фракциондук курамы 3.3-таблицасында келтирилген.

3.3 – таблица. Аралаштыруучу мешалкада ( $d_m=35$  мм,  $n=1500$  айл/мин) алынган суу-мазуттук эмульсиянын (М-40) дисперстүүлүгүнүн мүнөздөмөсү

Аралаш- тыруу убактысы, t, мин	Суунун концентрациясы = 10%														
	Суу тамчысынын саны					Суу тамчысынын саны					Суу тамчысынын саны				
	143	57	25	15	11	137	44	23	18	8	70	18	7	7	6
Суу тамчысы- нын өлчөмү мкм	6-10	12,5	18,7	25- 31	37,5	6-10	12,5	18,7	25- 31	40	6-10	12,5	18,7	25- 31	37,5
Орточо өлчөм, мкм	15,1					14,4					18,8				

СЭКАнын сапаты, бир тараптан күйүүчү заттын массасында суу фазасынын бир калыптагы бөлүштүрүлүүсү аркылуу аныкталса, башка тараптан – бул фазанын дисперстүүлүгү аркылуу аныкталат, анда төмөндөгү формула жардамында аларды эсептесек болот [59]:

$$A = 2,12 \cdot 10^2 \cdot \frac{\rho_m^{0,19} \mu_m^{0,39} \nabla \rho^{0,25} n d_m^{0,05}}{\sigma^{0,56} \mu_g^{0,27} D_c^{1,21}} \left( \frac{V_g}{V_g + V_m} \right)^{0,32} \quad (3.3)$$

(3.3) теңдемесин колдонуу менен суунун тамчысынын орточо диаметри

эсептелген 
$$d_\phi = \frac{6}{S}, \quad (3.4)$$

$$S = \frac{A}{\left( \frac{V_g}{V_g + V_m} \right)}. \quad (3.5)$$

Мында  $\rho_m$  – мазуттун тыгыздыгы;  $\rho_g$  – суунун тыгыздыгы;  $\mu_g$  – суунун динамикалык илешимдүүлүгү;  $\mu_m$  – мазуттун динамикалык илешимдүүлүгү;

$\frac{V_g}{V_m + V_g} \approx W_\phi$  – эмульсиянын нымдуулугу;  $\sigma$  – фазалар аралык чек арадагы

беттик тартылуу (суу-күйүүчү зат);  $d_m$  – мешалканын диаметри;  $n$  – мешалканын айлануу саны.

Туруктуулук же стабилдүүлүк да СЭКАнын негизги сапаттык көрсөткүчтөрүнөн болуп саналат. Бизге белгилүү, суунун диэлектриктик өткөрүмдүүлүгү (ДӨ) 81ге барабар, ал эми нефтипродуктарынын ДӨ гү 2,25-4,0 интервалында термелишет, мындан эмульсиянын өзүнө мүнөздүү ДӨгү бар десек болот. Изилдөөчүлөрдүн белгилегенидей, эсептөө жолу менен СЭКАнын ДӨгүн аныктоонун төмөндөгүдөй көз карандылыгын беришкен:

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_2 \frac{(1 - W_\phi)^{2/3} + 2WAX}{(1 - W_\phi)^{2/3} - WAX} \quad (3.6)$$

Мында  $A = X = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_1 - 2\varepsilon_2}$  (3.7)

Бруггемендин формуласынан эмульсия үчүн  $W_\phi = 20\%$ .

$$1 - W_\phi = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_1 - 2\varepsilon_2} \cdot \sqrt[3]{\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}}, \quad (3.8)$$

мында  $\varepsilon_3$  - эмульсиянын ДӨ;  $\varepsilon_1$  - суунун ДӨ;  $\varepsilon_2$  - дисперстик чөйрөнүн (нефтепродукта) ДӨ;  $W_\phi$  - эмульсиянын нымдуулугу (суунун концентрациясы).

### *СЭКАны алуунун физика-химиялык негиздери.*

Белгилүү болгондой, Б.В.Дерягин кесиптештери менен биргеликте капиллярдык конденсациялоо менен алынган “аномальдык” суусун изилдөөсүнөн, жыйынтык чыгарыша албады. Мындан, суудагы органикалык эмес аралашмалардын атомдору, жактарынын саны  $n$  ден 100гө чейин болгон көп бурчтук көрүнүшүндөгү структураны берген, кластерлер аталышындагы  $(H_2O)_n$  ассоциаттардын «полимеризациясында» кандайдыр ролду ойнойбу деген суроо туулат. Кластер, электрондук дүүлүктүрүүдө өзүн бир бүтүн катары алып жүрөт, ал эми электронду бөлүп чыгаруудан иондошкон абалга же химиялык байланышкан абалга өтөт. ИК- жана КР-спектроскопия усулдарында [6] аныкталгандай,  $n > 6$  болгондо кластерлер шакекче структурасына ээ болбойт, бирок протондордун экилик донорлорду түзгөн 0-Н- байланышын камсыздайт. Бул байланыш абдан активдүү,  $n > 6$  болушунан кластерлери



молекулалык комплекстерди, анын ичинде V – типтеги орбитасы толбогон, аралашма атомдордон турган түрдүү байланыштарды түзөт.

Суунун бардык касиеттери белгилүү өлчөмдө анын курамындагы аралашмадан көз каранды. Мисалы, суу аралашма газынан бошотулгандан кийин, бир нече күндө кайрадан каныккан абалга келет.

Космос нурларынын таасиринен жана башка түрдөгү нурдануулардан эркин радикалдар, суутектин кычкылы жана башка компоненттер пайда болот.

Жогорудагы айтылгандардан суунун өзгөчө мүнөздөгү касиетке ээ экендиги, ошондуктан СЭКАнын физика-технологиялык мүнөздөмөлөрү узакка чейин өзгөрө тургандыгы жашаарын белгилесек болот [19,50].

Мына ошентип, коюлган маселенин маңызы болуп, эмульсияны стабилдештирүүчү катары, беттик активдештирүүчү затты колдонбостон, сууну электромагниттик талаанын таасиринде структурага келтирип, курамында бир аз бензин фракциясы бар, негизи суу болгон гетерогендик СЭКАны алуу.

Коюлган бензин-суу эмульсияны алуу маселеси, структуралык сууну бензин фракциясы менен төмөндөгүдөй компоненттерде аралаштыруудан чечилет [81]: бензин 25-35 мас.% жана суу 65-75мас.%. Алынган эмульсиялык аралашманы кавитатор аркылуу өткөрүп, кошумча электромагниттик талаа менен таасир этилет.

Коюлган техникалык маселени чечүү үчүн, СЭКА үчүн талап кылынган СЭКАны алуу, эмульсиянын аралашуусунун ыктымалдуулугун үйрөнүү, компоненттердин санын минимизациялоо мүмкүнчүлүгү, СЭКАнын курамын оптимизациялоо, структуралык түзүлүшүнүн ыктымалдуу механизминин гидрофильдик-липофильдик балансынын дал келүүлөрү анализдери жүргүзүлдү.

#### *СЭКА алуунун техникалык шарттары*

Лабораториялык шартта, суу-бензиндик эмульсияны даярдоо 500 мл көлөмдөгү, термостаты бар идиште жүргүзүлдү. Суунун температурасы термостаттагы термометр аркылуу фиксирленип, контактык термометр аркылуу башкарылат. Суу жана газоконденсаттык бензин, тиешелүү түрдө түрдүү

идиштердин керектелинуусүнө жараша, вентилдердин жардамында башкаруу жолу менен берилет. Суюк фазалардын аралашуусу, электр кыймылдаткычы аркылуу иштөөчү мешалка жардамында ишке ашырылат. Жыйынтыгында 65-75 мас.% суу, 25-35 мас.% бензинден турган суу-бензиндик аралашманы алабыз.

Андан ары СЭКАны алуу үчүн алдыдагы байланышты колдондук: суу насосу алдын ала даярдалган суу менен бензиндин аралашмасын, кичинекей жылчыкка ээ Лавалья түтүгү аркылуу айдайт, андан ары гидроурунуу орун алган, эмульсиянын көбүкчөлөрү пайда болгон жана жарылган чоң кесилиштеги камерага барат. Эмульсиялык-көбүкчөлүү агым, цилиндрдик көлөмдө, катуу бетке бурч боюнча багытталат. Цилиндрдик көлөмдө кошумча кавитациялык көбүкчөлөрдү пайда кылган куюндуу агым орун алат. Кавитациялык камерада жарылуудан бир кыйла майда көбүкчөлөргө ажырайт жана да жарылышат. Бизге белгилүү, суу кысылбайт, бирок көбүкчөлөрдү жаратуу менен өтө жакшы кеңейет. Качан бул көбүкчөлөрдү кайрадан тез кыссак, чоң басым пайда болуп, таасиринен суюктуктун молекулалары көлөмдүү кластердик структурада биригишет. Жыйынтыгында, СЭКАнын физика-химиялык мүнөздөмөлөрү өзгөрөт, мына ошентип кавитациядан суюк фазалуу эмульсияга мүнөздүү структурага ээ болот.

СЭКАнын структурага келүүсүнүн эң жакшы жыйынтыктары, эмульсиянын температурасынын 35-42<sup>0</sup>С диапазонунда алынды. 45-55<sup>0</sup>С дан жогору болгондо структурага келүү убактысы кескин жогорулады, ал эми 60<sup>0</sup>Сдан жогоруда такыр орун албайт. Суунун (СЭКА) структуралык абалга келүүсү стабилдештирүүчү фактор болот жана эмульсиянын күйүүсүн жакшыртат [2]. Мына ошондуктан гидродинамикалык кавитация таасиринде, суу-күйүүчү зат аралашмасы “гомогендик суспензияга” айланат, суу жана аз сандагы нефти фракциясынын (бензин) толук аралашуусу эки же андан көп күнгө туруктуу сакталат.

СЭКАны алуудагы негизги максат – суунун молекулалары менен күйүүчү заттын молекулаларынын биригүүсүнүн көлөм боюнча бирдей бөлүштүрүлүүсүнүн стабилдүү структурасын жаратуу эле.

### 3.3 Электромагниттик талаанын таасириндеги суунун структуралык түзүлүшү жана суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманы алуу

Структуралык түзүүдө, суунун молекулалары кластерлерде хаотикалык мүнөздө жайгашкан. Кластерлердеги молекулалардын өз ара аракеттенишүү энергиялары анчалык чоң эмес. Ошол эле мезгилде кластерге кирген жана аны таштап чыккан жеке молекулалардын ылдамдыктары абдан жогору. Ошондуктан, суунун илешимдүүлүгү начар жана ошол эле мезгилде критикалык шарттарда жогорку диффузиялык жөндөмдүүлүккө ээ [25,36,37,38].

200 °С температурада суунун тыгыздыгы 0,8 г/мл ге чейин төмөндөйт, жана  $T_k$  да органикалык аралашмалардай жана газдай аралашуучу болуп калат.

«Сверхкритикалык суунун» (СКС) аралаштыруучу (реагент, катализатор) катары бардык касиеттерин жана мүмкүнчүлүктөрүн билүү үчүн, анын микроструктурасы, молекулалык деңгээлде жүрүүчү процесстердеги өзгөчөлүктөрү жөнүндөгү маалыматтарды билүүбүз керек [36].

Критикалык чекитке жакын абалдарда, суунун структурасында бир кыйла өзгөрүүлөр орун алат: суутектик байланыштын тармактанган мейкиндиктик сеткасы бузулат жана өзүнчө кластерлерге айланат.

Жумашта Кыргыз Республикасынын Ош областынын түрдүү булактарындагы сууларды электролизер жардамында активдештирдик. Активдештирилген суунун кычкылдуулугун жана жегичтиги титриметрикалык усулда аныкталды. Алынган жыйынтыктар 3.4-таблицада келтирилди.

3.4 - таблица. Активдештирилген суунун кычкылдуулугу жана жегичтиги

№	Суу булагынын аталышы	Жегич R – суу, $pH > 7$	Кычкыл L – суу, $pH < 7$	Нейтраль дык суу
1.	Ак-Буура дарыясынын суусу	$pH = 9 - 10$	$pH = 5 - 6$	$pH = 7$
2.	Жамгыр суусу	$pH = 10 - 10,5$	$pH = 4 - 5$	$pH = 7$
3.	Дистлирленген суу	$pH = 7,5$	$pH = 6,5$	$pH = 7$
4.	Аниондор, катиондор кошумчаланган суу	$pH = 10,5 - 11,5$	$pH = 3,5 - 4$	$pH = 7$

3.4-таблицасынан көрүнүп тургандай, жамгыр суусунун жана аниондор жана катиондор кошумчаланган суунун жегичтиги электрдик активдештирүүсүнүн бөлүштүрүүсүнөн кийин дарыя суусуна салыштырмалуу орточо 1,5 бирдикке жогору болуп калды. Бул деген, Ак-Буура дарыясынын суусунун суутектин иондорунун концентрациясы активдештирүү процессинде салыштырмалуу начар өсөт дегенди билдирет.

Электромагниттик бөлүүсүнүн негизинде суунун биологиялык активдүүлүгүнүн жогорулоо даражасынын физикалык негизи, окшоштугу боюнча, R жана L сууларынын коллективдүү тең салмаксыз динамикалык структуралык абалдарынын жыйынтыктарын берет. R жана L сууларынын окшоштуктарын жана айырмачылыктарын, алардын структуралык айырмачылыктарын кароо менен жакшы түшүнсөк болот.

Анда, эксперимент бышыктагандай, суудагы катиондордун жана аниондордун концентрациясын өзгөртүүнүн негизинде, суунун биологиялык активдүүлүгүн башкара болот (3.4-таблицаны кара).

Башка тараптан, R жана L сууларынын активдүүлүгүн белгилүү даражада фрактальдык өчөмүнүн чоңдугу менен салыштырсак болот. Суунун активдүүлүгүн алып жүрүүчү болуп, белгилүү даражада суунун молекуласынын динамикалык коллективдүү абалы саналат. Суунун молекуласынын динамикалык, коллективдик режимдеринин көрүнүшүн эки ыкманын жардамында тургузсак болот:

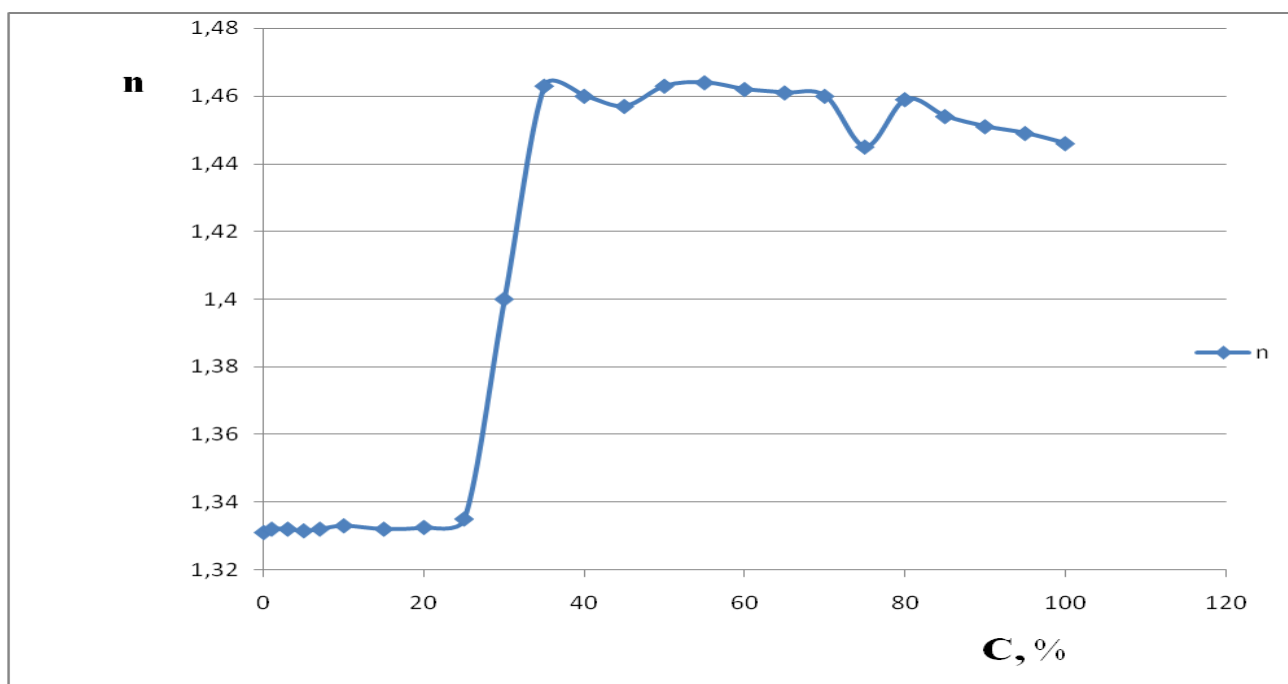
- суунун молекулаларын бир көлөмдөн башкасына бөлүштүрүү (каторуу) аркылуу;
- талаанын таасиринин жардамында иондорду дистанттык каторуу аркылуу.

Анда, ачык диссипативдик системаларда теңсалмаксыз, индуцирленген каторууларда, кластерлерди түзүү менен суунун молекулаларынын айлануу кыймылынын моменттеринин эсебинен коллективдүү өз ара аракеттенишүүлөр пайда болот. Кластерлер, молекулалардын өз ара коллективдүү группалык аракеттенишүүлөрүн берип, фрактальдык структураны түзүшөт. Чындыгында, белгилүү болгондой, комнаталык температурада жана атмосфералык басымда

агрегаттар – суунун кластери өзүнө чынжыр структурасына ээ болгон, жүзгө чейинки молекуланы камтыйт.

### *СЭКАнын оптикалык мүнөздөмөлөрү*

СЭКАны пайда кылууда кластердик структуранын таасирин (суутектик байланыштардын бузулушун жана ассоциаттардын пайда болуусун) үйрөнүү үчүн төмөндөгүдөй эксперимент жүргүзүлдү [3]: электромагниттик талаанын таасиринде иштетилген сууга, СЭКАны алуу максатында, түрдүү концентрациядагы 92 маркасындагы бензин менен аралаштырдык. Эмульсиянын сынуу көрсөткүчүнүн бензиндин концентрациясынан көз карандылыгын изилдөө, 3.2-сүрөтүндө көрсөтүлгөндөй,  $n=f(c)$  көз карандылыгында бензин жана суунун катыштарын жогорулатып барсак, нөлдөн 23%ке чейин өзгөрүлбөйт, 24%тен 37%ке чейин эмульсиянын сынуу көрсөткүчү кескин жогорулайт. 38%тен 100%ке чейин бул көз карандылык сезилээрлик өзгөрбөйт. Алынган көз карандылыктардан жыйынтык чыгарсак болот, СЭКАны алуу үчүн бензиндин оптималдуу концентрациясы болуп, 37-40% пределдеги концентрация саналат.



3.2-сүрөт. СЭКАнын сынуу көрсөткүчүнүн 92 маркасындагы бензиндин концентрациясынан болгон көз карандылыгы.

### СЭКАнын физикалык мүнөздөмөсү

Конденсирленген системанын вольт-ампердик мүнөздөмөсү (ВАМ) болуп, эксперименталдык изилдөөлөр үчүн ыңгайлуу болгон жана аны менен бирге генерациялоонун, рекомбинациянын жана ушул системадагы заряд алып жүрүүчүлөрдүн которулууларынын өзгөчөлүктөрүн аныктоо үчүн бардык маалыматтарын камтуучу жана түрдүү системалардагы жүрүүчү процесстердин теориялык моделдерин тургузуучу болуп саналат.

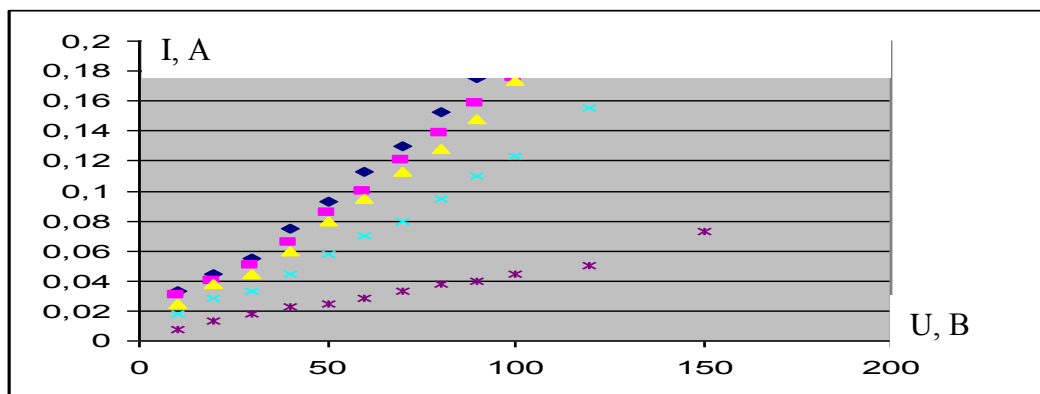
Эксперименттеги микро- жана наносуспензияларды алууда, суюк фазаларды диспергирлөө процесси андан ары суюк фазалуу суспензияны жаратуу процесси менен коштолду. Гидрофракциондоштуруу негизинде алынган, түрдүү дисперстүүлүктөгү суунун микротамчылары (нефтипродукталары) белгилүү концентрацияда аралаштырылды.

Электр талаасынын эмульсияга таасирин үйрөнүү үчүн жүргүзүлгөн эксперименттерде, системадагы электроддорго белгилүү чыңалуулар берилип, электроддор арасындагы электр токторунун өзгөрүүсү аныкталды.

*Өлчөө жыйынтыктары жана аларды талкуулоо [10].*

Пластиналардагы чыңалууларды жана ток күчүн өлчөп, чынжырдын бөлүгү үчүн Ом законун колдонуп, эмульсиянын каршылыгын ( $R=U/I$ ) өлчөйбүз.  $\rho=RS/l$  формуласын колдонуу менен СЭКАнын салыштырма каршылыгын, ал эми  $l/\rho$  аркылуу салыштырма өткөрүмдүүлүктү эсептейбиз.

3.3-сүрөттө суспензияны кавитатордон өткөрүп магнит талаасы менен таасир эткенден кийинки вольт-ампердик мүнөздөмөсү көрсөтүлгөн:



3.3-сүрөт. Суспензияны кавитациялоодон кийинки вольт-ампердик мүнөздөмөсү

3.5 – таблица. Суспензиядагы бензиндин түрдүү концентрацияларында (С), андагы чыңалуулар жана ток күчтөрүнүн маанилери

С, %		0	1	2	3	4	5	10	100
№	Чыңалуу, В	Ток күчү, А							
	V	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>6</sub>	I <sub>7</sub>	I <sub>8</sub>
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	0,025	0,03	0,031	0,03	0,03	0,025	0,025	0
3	15	0,038	0,047	0,05	0,046	0,047	0,04	0,04	0
4	20	0,052	0,065	0,066	0,062	0,065	0,045	0,042	0
5	25	0,066	0,082	0,083	0,08	0,082	0,072	0,07	0
6	30	0,08	0,097	0,1	0,095	0,097	0,087	0,082	0
7	35	0,093	0,112	0,117	0,11	0,115	0,1	0,1	0
8	40	0,107	0,132	0,135	0,13	0,132	0,122	0,117	0
9	45	0,12	0,147	0,15	0,145	0,147	0,137	0,132	0,002
10	50	0,135	0,162	0,167	0,162	0,165	0,152	0,147	0,003

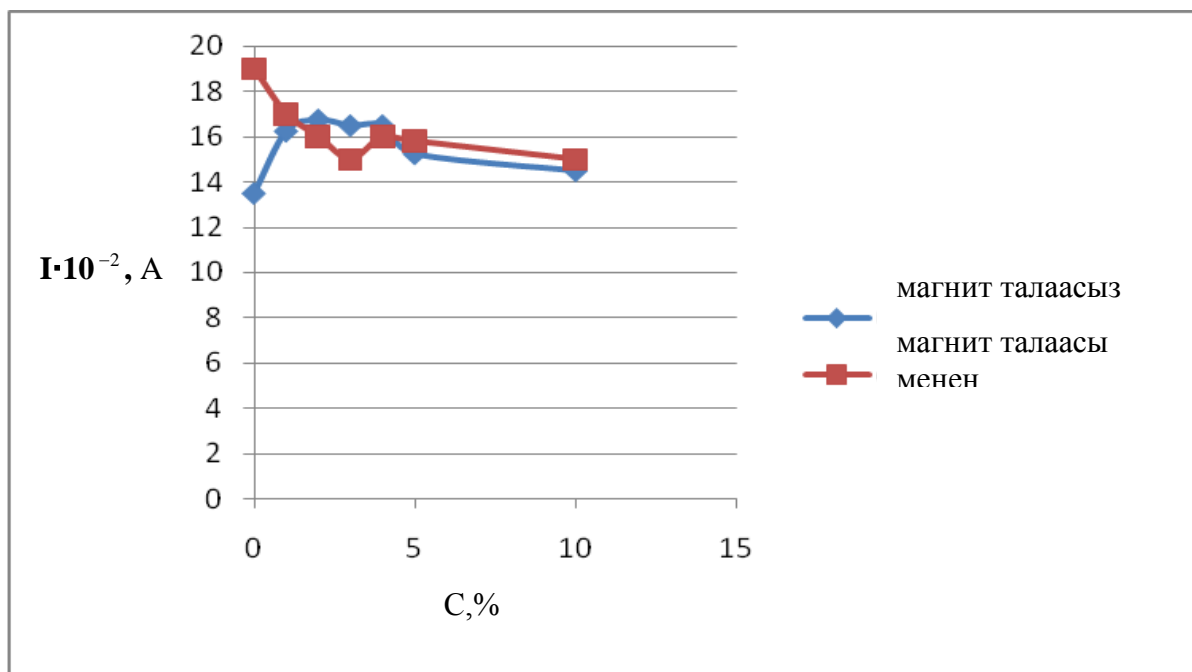
3.5-таблицада келтирилген маалыматтар боюнча, СЭКАнын кавитатордон өткөндөн кийинки вольт-ампердик мүнөздөмөсү боюнча, төмөндөгүдөй участкакторго бөлсөк болот: 1- бензиндин суудагы 2%ке чейинки концентрациясында ток күчүнүн чыңалуудан көз карандылыгынын өсүүсү орун алат; 2- бензиндин суудагы 2 ден 100%ке чейинки концентрациясында ток күчүнүн чыңалуудан тескери көз карандылыгы орун алат. Ошол эле мезгилде 3.6-таблицадан көрүнүп турат, магнит талаасынын таасиринен кийин ток күчүнүн чыңалуудан көз карандылыгы стабилдүү жай азаят.

3.6 – таблица. Суспензиядагы бензиндин түрдүү концентрацияларында, магнит талаасынын таасиринен кийинки, андагы чыңалуу жана ток күчтөрүнүн маанилери

C, %		0	1	2	3	4	5	10	100
№	Чыңалуу, В	Ток күчү, А							
	V	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>6</sub>	I <sub>7</sub>	I <sub>8</sub>
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	0,032	0,031	0,03	0,027	0,03	0,027	0,027	0
3	15	0,052	0,05	0,047	0,045	0,047	0,045	0,042	0
4	20	0,072	0,066	0,066	0,059	0,064	0,06	0,057	0
5	25	0,09	0,085	0,082	0,075	0,08	0,07	0,072	0
6	30	0,11	0,1	0,1	0,091	0,097	0,09	0,087	0
7	35	0,127	0,117	0,115	0,105	0,117	0,1	0,1	0
8	40	0,147	0,137	0,132	0,123	0,13	0,122	0,12	0
9	45	0,167	0,154	0,15	0,137	0,147	0,142	0,135	0,003
10	50	0,19	0,17	0,16	0,15	0,16	0,157	0,15	0,003

Эгерде, кавитациялык жана магниттик таасирлердеги, ток күчүнүн бензиндин суудагы концентрациясынан көз карандылык графигин тургузсак, анда 3.4-сүрөттөгүдөй сүрөттөлүш алынат. 3.4-сүрөттөн көрүнүп турат, кавитациялык жана магниттик бир аз эле таасирлерден, оптималдуу концентрациянын жашаары байкалат. Берилген чекит, СЭЖАдагы бензин жана суунун оптималдуу катышын аныктайт.





3.4-сүрөт. Суспензиядагы ток күчүнүн бензиндин концентрациясынан көз карандылыгы

Мына ошентип, алынган жыйынтыктар боюнча, кавитация эффекти жана магнит талаасы СЭКАнын касиеттерине таасир этет.

### 3.4 Жылуулук генераторун жаратуу үчүн сууну кавитациялык иштетүү

Бизге белгилүү, суу кысылбайт, бирок көбүкчөлөрдү жаратуу менен өтө жакшы кеңейет. Качан бул көбүкчөлөрдү кайрадан тез кыссак, чоң басым пайда болуп, таасиринен суюктуктун молекулалары көлөмдүү кластердик структурада биригишет. Жыйынтыгында, бул кластердик структуранын бузулуусунан, суунун термодинамикалык жана физика-химиялык мүнөздөмөлөрү бузулат. Бул өзгөрүү реактордун катуу бетинин чеке белинде, көбүкчөнүн жарылуу мезгилинде орун алат. Басымдардын айырмасынын таасиринен, кавитациялык көбүкчөнүн жарылуусу күчөйт жана кошумча кинетикалык энергия пайда кылат [35]. Пайда болгон кинетикалык энергиянын чоңдугу (бетке урунуу энергиясы), кластерлердеги молекулалык байланыштарды бузууга жетиштүү болот. Демек, каралган аймакта кавитациялык көбүкчөлөрдүн жарылуусу чоң сандагы энергияны бөлүп чыгаруу менен жүрөт. Бул энергия, суюктуктун көлөмүндө жылуулукка айланат.

Түрдүү суроолор жаралат, суунун суу насосу аркылуу, кичине кесилиштеги энсиз жылчыкка ээ Лавалья түтүгү аркылуу жана чоң кесилиштеги гидроурунуу камерасы аркылуу өтүүсүндө, суу-көбүкчөлүү агымдын бетке урунуусу орун алган реактордун цилиндрдик көлөмүндө «үн чыгаруу» эффекти пайда болот. Бул түзүлүштү жашаган үйдүн подвалында колдонуу үчүн, технологиялык процесске карата, «шумоизоляция» жасаш керек.

Сууну колдонууда, жылуулуктук жана сызыктуу жоготууларды, ошондой эле түзүлүштү жайгаштырууда климаттык шарттарды эске алуубуз керек.

Суунун касиеттерин изилдөөлөрдөн, термодинамикалык жана физика-химиялык таасирлерден суунун мүнөзү өзгөрөт [24,51]. Көпчүлүк учурларда суунун касиеттери калыбына келбейт. Андагы бөлүнүүнү көп жолу кайталоодон, жылуулук эффектинин өчүүсү орун алышы мүмкүн. Жылуулук менен камсыздоо системаларында, дайыма туруктуу температураны камсыздап туруусуна, айрыкча кыш мезгилинде пик режиминде, жылуулук менен камсыздоосуна кепилдик жок.

Суунун кластерлеринин бузулуу процессинде чынында эле физика-химиялык параметрлери өзгөрөт, бирок анчалык чоң эмес. Суутектик байланышы салыштырмалуу төмөнкү бышыктыкта. Ал химиялык коваленттик байланышка салыштырмалуу 5...10 эсе начар. Суутектик байланыштын энергиясы 5-10 ккал/моль түзөт, ошол эле мезгилде коваленттик байланыштын энергиясы -109 ккал/моль б. а. суюк абалда суутектик байланыш салыштырмалуу начар жана туруксуз: жылуулук флуктуацияларынын жыйынтыгында алар оңой дүүлүгүүсү же жок болушу мүмкүн. Бирок суутектик байланыш башка керектүү касиеттерге ээлик кылат – коллективдүү аракеттенишүүлөргө б.а. суунун бир молекуласы конденсацияланган абалда суунун төрт молекуласы менен суутектик байланыш түзүүгө жөндөмдүү. Комнаталык температурада релаксация убактысы  $10^{-11}$  с түзөт. Суунун молекуласынын бир толук термелүүсүнө кеткен убакыт  $10^{-13}$  с дан аз. Ошондуктан суунун ар бир молекуласы ордун алмаштырганга чейин, болжолдуу 100 термелүү жасайт. Кластерлердин «көз ирмемдеги» бузулуусу,

суунун физика-химиялык касиеттеринин өзгөрүүсүнө анча-мынча салымын кошот [70].

Кавитациялык түзүлүштү (жылуулук генератору) жаратуу - бул суюк абалдагы ар кандай затта, жумушчу чөйрөдө кавитация эффектинин жардамында, суунун ички энергиясын алуу. Бул маселе, турактуу жана өзгөрмөлүү түзүүчүлөргө ээ, мезгилдүү өзгөрүүчү басымдын эсебинен, затта кавитациялык көбүкчөлөрдү жаратуу жолу менен чечилди. Суюк фазадагы затка бир мезгилдеги өзгөрүлмө жана статикалык басымдардын аракетинен кавитациялык көбүкчөлөр пайда болот, ошол эле мезгилде эки чоңдуктун суммасы: өзгөрүлмө басымдын амплитудасы жана берилген температурадагы заттын каныккан буусунун басымы, эки чоңдуктун: берилген температурадагы статикалык басым жана суюктуктун үзүлүүсүндөгү бышыктыгы чоңдуктарынын суммасынан чоңдук кылат. Көбүкчөлөрдүн жарылуу мезгилинде, басымдардын айырмасынан, башка кавитациялык көбүкчөгө таасир этет, андан ал ылдамдайт, кинетикалык энергиясын жогорулатат жана борбордун жака белинде башка көбүкчөлөр менен кагылышат. Өндүрүлгөн кинетикалык энергиянын чоңдугу, атомдордун (молекулалардын) байланышын үзүүгө жетиштүү. Жыйынтыгында заттын локалдык областында кавитациялык көбүкчөлөрдүн жарылуусунда көп сандагы энергиянын бөлүнүп чыгуусу орун алат. Иштелген аймактагы бөлүнүп чыккан бул энергия, суюктукта жылуулукка айланат. Бул жылуулук үзгүлтүксүз түрдө иштетилген аймактан жылытылган суюктук көрүнүшүндө чыгарылып керектелинет, муздаган суу кайрадан иштетүүчү аймакка кайтат.

Мына ошентип, гидродинамикалык кавитациялык түзүлүштөгү суу-көбүкчөлүү аралашма фазасынан өндүрүлгөн эркин энергия түрүндөгү жылуулукту экологиялык таза, ресурстук жана энергиялык үнөмдөгөн технологиянын жардамында мекемелерди, имараттарды жылытууга колдонсо болот.

### 3.5 Электр тогун алуу үчүн сууну кавитациялык иштетүү

Эксперименталдык изилдөөлөрдө суунун электрофизикалык параметрлерине кавитациялык эффекттин, электрдик жана магниттик талаалардын таасирлерин аныктоо боюнча тажырыйбалар жүргүзүлдү [4].

Эксперименттин жүрүшүнө токтолсок: биринчи баштапкы суунун массасынан 30мкА күчкө ээ турактуу тогун өткөрдүк, вольтметрдин жана омметрдин көрсөтүүлөрүн аныктадык. Андан кийин баштапкы сууну гидродинамикалык кавитатор аркылуу өткөрдүк жана дагы жогорудагы электрдик чоңдуктарды аныктайбыз. Аналогиялык изилдөөлөр, суунун массасынын кавитатордогу түрдүү сандагы айлануусунда жүргүзүлдү. Кийин, кавитациялык иштетүүдөн соң, сууга электромагниттик талаа таасир этилип электрофизикалык параметрлери аныкталды (3.7-таблица).

3.7 - таблица. Гидродинамикалык кавитатордон, электр жана магнит талааларынан өткөрүлгөн суунун электрдик касиеттери

<i>Аталышы</i>	<i>Суу массасынын айлануу саны</i>	<i>Ток күчү, I (мкА)</i>	<i>Чыңалуу, U (В)</i>	<i>Каршылык, R (МОм)</i>
Баштапкы суу		30	40	1,33
Кавитатор аркылуу өткөн суу	1	30	38	1,27
	2	30	32	1,07
	3	30	25	0,83
Кавитатор жана электр талаасы аркылуу өткөн суу	1	30	33	1,1
	2	30	30	1
	3	30	22	0,73
Кавитатор жана магнит талаасы аркылуу өткөн суу	1	30	31	1,03
	2	30	26	0,87
	3	30	18	0,6

3.7-таблицасынан көрүнүп турат, кавитатор аркылуу өткөн суу массасынын айлануусунун саны өскөн сайын, суунун баштапкы сууга салыштырмалуу электрдик каршылыгы төмөндөйт. Аналогиялык өзгөрүүлөр сууда электромагниттик талаалардын таасиринде да орун алат. Көрүнүп тургандай, кавитация эффектинин өзүнө караганда электромагниттик талаалар менен биргеликтеги таасиринде суунун электрдик каршылыгы байкаларлык төмөндөйт.

Жогоруда байкагандай, СЭКАны алуу үчүн, кавитация эффектинин электромагниттик талаа менен биргеликтеги таасирин колдонуу максатка ылайыктуу жана туруктуу СЭКАны синтездөө үчүн ыңгайлуу шарт түзүлөт.

Активдешкен суюктуктан электр тогунун алынышы чындык (факт) экендиги жана Лаваля түгүгү аркылуу суу массасын айлантуу аркылуу дифференцирлеп, андагы электрдик чоңдуктарды VA800A мультимеринин жардамында каттоого жетиштик.

Эксперименттин жүрүшүндө кавитатор аркылуу өткөрүлгөн сууга салынган алюминий электроддорунун арасындагы чыңалууну VA800A мультимери аркылуу, температурасын термометрдин жардамында өлчөдүк.

3.8-таблицасында алынган эксперименталдык маанилер келтирилди. 3.8-таблицадан көрүнүп тургандай, электроддордун арасындагы чыңалуунун сан мааниси, кавитатор аркылуу өткөрүлгөн суу массасынын айлануусунун санынан көз каранды. Алынган жыйынтыктар боюнча, суюктукта пайда болгон электр кыймылдаткыч күчү (ЭКК) суюктуктун температурасынын жогорулашы менен электрдик өткөрүмдүүлүгүнүн жогорулашы менен байланышкан. Кавитация процессинде кавитацияланган суюктуктун температурасы жогорулайт. Бирок, электрдик ысыткычтын жардамында суунун температурасын 50<sup>0</sup>С температурага чейин ысытууда, абсолюттук маанисинен бир нече эсе аз болгон, комнаталык температурасындагы маанисине жакын болгон маанини берет. Изилдөөлөрдөн, электроддор арасында пайда болгон чыңалуу, температура менен эмес, кавитация процесси менен байланышкан болот.

3.8 - таблица. Электроддордун арасындагы чыңалуунун маанисинин кавитатордогу суу массасынын айланууларынын санынан көз карандылыгы

№	Убакыт, t (саат)	Суу массасынын Лаваля түтүгү (кавитатор) аркылуу өтүүсүнүн саны		
		10	20	30
		U <sub>1</sub> , мВ	U <sub>2</sub> , мВ	U <sub>3</sub> , мВ
1	Айланууга чейин	8	8	8
2	Айлануудан кийин (t=0)	58	62	67
3	1	66	69	75
4	24	65	68	74
5	62	65	68	73
6	240	65	68	73

Гидродинамикалык активдешкен суунун структуралык аномалиясы өтө туруктуу келип, андагы ЭККнын бир нече айга чейин жашаары аныкталды.

ЭККнын пайда болуусунун биринчи себептери болуп, жылуулук жана электрдик эффекттердин бири-бири менен байланышкандыгында, суюктуктун күчтүү ысышынан ионизацияланышына алып келет, ал эми электрдик тоскоолдуктан – анын ысышына алып келет. Ушуга окшош кубулушта – гидролюминесценцияда – аныктоочу болуп, күчтүү электрдик талаасынын пайда болуусу гана саналат (2.4 карагыла).

ЭККны пайда кылуучу, заряддарды алып жүрүүчүлөр болуп, электрондор жана иондор саналат, бирок азыркы мезгилде бизге толук белгисиз, ошондуктан кошумча изилдөөлөрдү жүргүзүүбүзгө туура келет.

Мына ошентип, кавитатор аркылуу өткөрүлгөн суу, электр тогунун булагы болуп калат, б.а. кавитациялык иштетилген суу электр энергиясынын аккумулятору болуп саналат. Өлчөөлөр көрсөткөндөй, токтун мааниси узак

убакытка чейин (бир нече ай) өзгөрүүсү байкалбагандай сакталаары аныкталды. Бул, гидродинамикалык кавитациянын таасиринде, суунун структуралык өзгөрүүсү менен байланышта болот.

### **3.6 Суу-эмульсиялык аралашманын күйүү процесси**

Эмульсия, кайноо температуралары түрдүүчө болгон эки түрдүү суюктуктун системасы. Нормалдык шартта суунун кайноо температурасы  $100^{\circ}\text{C}$ , а мазуттуку  $260-300^{\circ}\text{C}$ , бензиндики  $160-180^{\circ}\text{C}$  [21].

Суу-май тибиндеги эмульсиянын тамчысы татаал система болуп, күйүүчү заттан туруп, суунун тамчысы микротамчы болуп бир калыпта бөлүштүрүлгөн. Күйүүчү заттын тамчысынын ичинде камтылган, күйүүчү заттын беттик бөлүкчөлөрүнүн температураларынын арасындагы айырма жана суунун кайноо температурасы баштагыдай эле калат жана  $70-200^{\circ}\text{C}$  жетет. Күйүүчү заттын тамчысынын ичинде жайгашкан суунун микротамчысы, аны ысытуу процессинде тез эле буу абалына өтүп, сырткы кабыгы күйүүчү заттан турган буу көбүкчөсүн пайда кылат. Күйүүчү заттын кабыгы буулануу менен жукарат, качан микротамчычанын ичиндеги суу буусунун басымы, кабыктын беттик тартылуусунан чоңдук кылганда тамчынын бетинде бузулуу б.а. жарылуу же микрожарылуу орун алат.

Жарылууда эмульсиялык күйүүчү заттын көлөмүндө күйүүчү заттын буусу менен абадагы кычкылтектин кошумча аралашуусу жүрүп, түрдүү багыттарга таркайт. Бул күйүү процессин ылдамдатат, курамында суу жок күйүүчү заттын күйүүсүнө караганда эмульсиянын өзүнүн күйүүсү убакыттын кыска мезгилинде, дуулдап күйүүсү мүмкүн.

Суюк СЭКАнын күйүүсү көпчүлүк учурда майдаланылып бүркүлгөн аэрозолдук абалда – абанын агымында ишке ашат. Ошондуктан, күйүү процессин физика-химиялык жана технологиялык өз ара бири-бири менен байланышкан кубулуштардын татаал комплекси катары карасак болот. СЭКАнын күйүүсүнүн эффективдүүлүгү күйүү ылдамдыгы, СЭКАнын толук күйүүсү жана бөлүп чыгарган жылуулук саны менен мүнөздөлөт.

СЭКАнын агымындагы күйүү процессинин интенсивдүүлүгү эмульсиянын дисперстүүлүгүнөн жана бир тектүүлүгүнөн, бир калыптагы күйүүчү аралашманы алуу максатында күйүүчү затты кычкылдандырганча эффективдүү аралаштыруудан, аралашманын күйүүсү жана жалындоосу үчүн, жылууулук жактан даярдап технологиялык шарттарды түзүүдөн, колдонулган отундун түрүнө жараша күйгүзүүдө, түзүлүштүн жылууулук көрсөткүчтөрүнөн ж.б. көз каранды.

Мына ошондуктан СЭКАнын күйүү ылдамдыгы суспензиянын микроамчысынын буулануу ылдамдыгынан, СЭКАнын буусунун күйүү ылдамдыгынан, анын продукталарынын термикалык ажыроосунан көз каранды.

СЭКАнын агымындагы күйүү процессин СЭКАнын кыймылын жана буулануусун, массалык алмашуу жана жылууулук алмашуу реакцияларынын кинетикасын эске алуу менен бир өлчөмдүү гидравликалык маселе катары карасак болот.

Анда СЭКАнын агымынын күйүү процесси төмөндөгүдөй теңдемелер системасы аркылуу жазылат:

1) СЭКАнын микроамчысынын буулануусун эске алуу менен массасынын которулуу теңдемеси:

$$-m \frac{d(vC)}{dx} = \frac{d(vC_s)}{dx} - \gamma_s (1 - m_0) u_0 \cdot \frac{d\varepsilon}{dx}. \quad (3.9)$$

Мында  $m$  – кг СЭКА 1кг кычкылтек болгон учурдагы күйүү реакциясынын стехиометрикалык коэффициенти;  $v$  - берилген кесилиштеги газдын жана буунун агымынын ылдамдыгы, м/с;  $C$  – берилген кесилиштеги кычкылтектин концентрациясы, кг/м<sup>3</sup>;  $dx$ – СЭКАнын күйүү зонасынын элементардык узундугу, м;  $C_s$  - күйүү зонасынын кесилишиндеги СЭКАнын буусунун концентрациясы, кг/м<sup>3</sup>;  $\gamma_s$  – СЭКАнын салыштырма салмагы, кг/м<sup>3</sup>;  $m_0$  – суспензиянын бирдик көлөмүндөгү аэрозолдордун арасындагы боштуктардын көлөмү;  $u_0$  – СЭКАнын бөлүкчөлөрүнүн баштапкы ылдамдыгы, м/с;  $\varepsilon = \frac{r}{r_0}$  -

СЭКАнын бууланган бөлүкчөлөрүнүн салыштырмалуу радиусу, мында  $r_0$  жана



г тиешелүү түрдө суспензиянын бөлүкчөлөрүнүн баштапкы орточо жана учурдагы орточо радиустары.

2) Үзгүлтүксүздүк теңдемеси:

$$\gamma_0 v_0 + G_{T_0} = \gamma v + G_T, \quad (3.10)$$

мында  $\gamma_0 v_0$  - күйүү зонасынын башталгыч кесилишиндеги газдардын салмактык ылдамдыгы, кг/м<sup>2</sup>·сек;  $\gamma v$  - ошол эле зонанын каралып жаткан жеринин кесилишиндеги газдардын салмактык ылдамдыгы, кг/м<sup>2</sup>·сек;  $G_{T_0}$  - күйүү камерасынын башталышынын кесилиши аркылуу өткөн, СЭКАнын жалпы саны, кг/м<sup>2</sup>·сек;  $G_T$  - күйүү камерасынын каралып жаткан бөлүгүнүн кесилиши аркылуу өткөн, СЭКАнын жалпы саны, кг/м<sup>2</sup>·сек.

3) СЭКАнын буусунун күйүү реакциясынын теңдемеси:

$$\frac{dG_T}{dx} = mk^1 S C, \quad (3.11)$$

мында  $k^1$  – бирдик көлөмдөгү күйүү ылдамдыгынын суммардык турактуулугу (диффузия жана реакциянын кинетикасы), м/с;  $S = \frac{3(1-\Pi)}{r}$  – СЭКАдагы реакциялык бет, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> (мында  $\Pi$  – бирдик көлөмдүн каралып жаткан күйүү зонасынын кесилишиндеги боштук).

4) Газдын абалынын теңдемеси:

$$\gamma RT = P. \quad (3.12)$$

Берилген түзүлүштө басымдын  $P \approx P_0$  болушуна уруксат берилет.

5) СЭКАнын бөлүкчөлөрүнүн буулануусунун теңдемеси:

$$\gamma_s \rho u r_0 \frac{d\varepsilon}{dx} = \alpha_T (t - \theta), \quad (3.13)$$

мында  $\rho$  - СЭКАнын буулануусунун жылуулугу, ккал/кг;  $u$  – суюк СЭКАнын бөлүкчөлөрүнүн ылдамдыгы, м/с;  $\alpha_T$  – газдан СЭКАнын беттик бөлүкчөлөрүнө жылуулук берүү коэффициенти, ккал/м<sup>3</sup>·саат·град;  $t$  - газдын температурасы, °С;  $\theta$  - буулануу температурасына барабар деп кабыл алынган СЭКАнын бетиндеги бөлүкчөлөрдүн температурасы, °С.

б) Энергиянын которулуусунун теңдемеси:

$$\frac{d(\gamma \cdot \nu \cdot c_p \cdot T)}{dx} + Q^1 k^1 C c_T - \frac{\alpha_1 T}{R^1} = 0, \quad (3.14)$$

мында  $\gamma \nu$  - газдардын салмактык ылдамдыгы;  $c_p$  – газдардын орточо жылуулук сыйымдуулугу;  $Q^1 = Q_H^p + Q_{II}$ ;  $Q_H^p$  – жумушчу СЭКАнын күйүү жылуулугу, ккал/кг;  $Q_{II}$  - СЭКАны жана абаны жылытууга сарпталган жылуулук;  $\alpha_T$  – продукталардын күйүүсүндөгү жылуулук берүү коэффициенти, ккал/м<sup>2</sup>·саат·град;  $R^1 = \frac{F}{P_T} = \frac{d}{4}$  – күйүү камерасынын кесилишинин гидравликалык радиусу (мында  $F$  – аянт,  $P_T$  – берилген камеранын периметри),

$$Q_{II} = c_p (t_0 + t_B) g_B + c_{p,T} (t_0 - t_t) + \rho. \quad (3.15)$$

СЭКАнын өзгөчөлөнгөн тарабы болуп, анын курамынын бир тектүү эместиги.

(3.9) – (3.12) жана (3.14) теңдемелерин чечүү, СЭКАнын күйүүсүнүн эсептик көз карандылыгын жана берилген түзүлүштө узундук боюнча орточо температуранын бөлүштүрүлүшүн аныктоого шарт түзөт. Мына ошондуктан СЭКАнын күйүүсүнүн салыштырмалуу саны (3.14) таасир этүүчү кычкылтектин концентрациясы менен абанын ашыкча болуусунун коэффициенти (α<sub>B</sub>) катышы аркылуу мүнөздөлөт:

$$B = \left(1 - \frac{C}{C_0}\right) \cdot \alpha_B, \quad (3.16)$$

мында  $C$  – күйүү зонасынын берилген кесилишиндеги кычкылтектин салыштырмалуу концентрациясы,  $C_0$  - күйүү зонасынын башталышынын кесилишиндеги кычкылтектин салыштырмалуу концентрациясы.

Продукталардын күйүүсүн эске алуу менен температуранын бөлүштүрүлүшү төмөндөгү формула менен берилет:

$$T = T_0 e^{-\beta_1 x} + \frac{A}{\beta_1 - \varphi} (e^{-\varphi x} - e^{-\beta_1 x}) + T_{CT} (1 - e^{-\beta_1 x}), \quad (3.17)$$

мында  $T_0$  – күйүү зонасынын башталышынын температурасы, °К.

$$\beta_1 = \frac{\bar{\alpha}_1}{(\gamma \nu) C_p R^1 3600}, \quad (3.18)$$

мында  $\beta_1$  – күйүү зонасынын чегинде күйүү чөйрөсүнөн жылуулук кабыл алуучу бетке жылуулук берүүсүн эсепке алуучу параметр;  $\bar{\alpha}_1$  – күйүү зонасында газдан бетке жылуулук берүүсүнүн орточо коэффициенти;  $\gamma_0$  – газдардын салмактык ылдамдыгы;  $c_p$  – газдардын орточо жылуулук сыйымдуулугу;  $R^1$  – күйүү камерасынын гидравликалык радиусу;  $x$  – күйүү зонасынын башталышынан каралган кесилишине чейинки аралык;  $A = \frac{Q^1 \varphi m C_0}{c_p}$  – күйүү процессиндеги жылуулук бөлүп чыгаруусунун параметри;  $Q^1$  – реакциянын жылуулук эффекти ( $Q^1 = Q_H^p + Q_{II}$ );  $\varphi$  – күйүүчү заттын күйүүсүнүн тажырыйбалык коэффициенти;  $m$  – стехиометрикалык коэффициент;  $T_{CT}$  – күйүү камерасындагы жылуулук кабыл алуучу беттин температурасы,  $^{\circ}\text{K}$ .

Эгерде күйүү камерасынын бетинен жылуулук бөлүп берүүсү жокко эсе же өтө аз болсо, б.а.  $\beta_1 \approx 0$ , анда (3.17) формуласы төмөндөгүдөй түргө келет:

$$T = T_0 + \frac{A}{\varphi} (1 - e^{-\varphi x}). \quad (3.19.)$$

$T$  чоңдугун  $x$  боюнча дифференцирлеп, жана нөлгө барабарлап, күйүү аймагындагы температуранын максимум абалын, б.а. күйүү зонасынын узундугун аныктайбыз:

$$X_{\Gamma} = X_{\max} \ln \frac{\beta_1}{\varphi} \left[ 1 - \frac{\beta_1 - \varphi}{A} (T_0 - T_{CT}) \right] \frac{1}{\beta_1 - \varphi}. \quad (3.20)$$

Мына ошентип (3.17) формуласы СЭКАнын агымынын күйүүсүнүн узундугу боюнча температурасын эсептөөнүн негизги болуп саналат.  $\bar{\alpha}_1$  ди эске албагандагы  $\beta_1$  параметрине кирген бардык чоңдуктар жөнөкөй жол менен эле аныкталат.  $\bar{\alpha}_1$  чоңдугу эсептөө жолу менен же тажырыйба жолу менен аныкталат.  $A$  параметрин эсептөөдө  $\varphi$  чоңдугунан башкасы жеңил эле табылат.  $\varphi$  коэффициенти тажырыйба жолу менен табылат. Кычкылтектин башталгыч салыштырмалуу салмактык концентрациясы  $C_0$  жана стехиометрикалык коэффициенти  $m$  баштапкы шарттардан табылат.

$\varphi$  коэффициенти, СЭКАнын күйүүсүн жана булануунун суммардык ылдамдыгын мүнөздөп, төмөндөгүдөй катышта аныкталат:

$$\varphi = \frac{D_0 S_0 \varepsilon}{r_0 \nu} = \frac{k^1 S T_0}{\nu_0 T}, \quad (3.21)$$

мында  $D_0$  – диффузия коэффициенти,  $S_0$  жана  $S$  – күйүү камерасынын баштапкы жана каралып жаткан кесилишиндеги СЭКАнын бүркүлгөн реакциондук бети,  $\varepsilon$  - күйүп жаткан бөлүкчөнүн салыштырмалуу орточо радиусу,  $r_0$  – күйүү зонасынын башталышындагы бүркүлгөн СЭКАнын бөлүкчөсүнүн орточо радиусу,  $k^1$  – күйүү реакциясынын ылдамдыгынын суммардык турактуулугу.

(3.9) - (3.13) теңдемелерин жакындатып эсептөө жолу менен СЭКАнын күйүүсүнүн жөнөкөйлөтүлгөн теңдемесин (3.16) көрүнүшүндө берсек болот жана күйүү процессиндеги кычкылтектин салыштырмалуу концентрациясы төмөндөгүдөй закон ченемдүүлүктө өзгөрөт:

$$C = C_0^{-\varphi x}. \quad (3.22)$$

Күйүү зонасынын аягындагы кычкылтектин салыштырмалуу концентрациясы  $C_k$ ,  $v=1$  болушунан төмөндөгүдөй түргө келет:  $C_k = C_0(\alpha_B - 1)$

(3.22) теңдемесин  $\varphi$  ге карата чечип, төмөндөгүнү алабыз:

$$\varphi = \ln \frac{C_0/C}{X}. \quad (3.23)$$

(3.23) төн СЭКАдагы күйүү жолунун узундугу боюнча, кычкылтектин орточо концентрацияда бөлүштүрүлүшүн тажырыйба жолу менен таап,  $\varphi$  нин маанисин аныктасак жана күйүү камерасындагы температуранын бөлүштүрүлүшүн эсептеп алсак болот.

## **IV. ИШТЕЛИП ЧЫККАН ТЕХНОЛОГИЯНЫН ИЛИМДИН ТҮРДҮҮ ТАРМАКТАРЫНДА, ТЕХНИКАДА ЖАНА АЙЫЛ ЧАРБАСЫНДАГЫ ПРАКТИКАЛЫК КОЛДОНУЛУШТАРЫ**

### **4.1 Суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманын от казандарындагы колдонулушу**

Структуралык түзүлүшкө келтирилген СЭКАнын күйүүсү үчүн, эмульсияны, болоттон сеткасы бар күйгүзүү камерасына бүркүп чачабыз. Мына ошондуктан, башталыш стадиясында сетканы 650-850 °С га чейин ысытышыбыз керек. Ошондо сеткага бүркүлгөн СЭКА көп сандагы жылуулук санын бөлүп чыгаруу менен стабилдүү күйүүгө өтөт. Болот сеткасы, биринчиден – суунун жылуулуктан ажыроосуна катализатордук кызматын аткарат, экинчиден – аралашманын молекулаларынын от алуусу үчүн жылуулук булагы болот.

Кавитаторду даярдоо үчүн борборлоштурулган насостун корпусу сыяктуу, ички бетинде кулпуруп турган кыймылсыз канатчалары бар, жакын орунда болот диски айланган өтмө жылчыгы бар болот корпусу талап кылынат. Суюктукту киргизүү жана чыгаруу айлануу огуна жакын жерде ишке ашырылат.

Эмульсияны берүү, кавитатор менен бир окто жайгаштырууга боло турган кошумча насос аркылуу ишке ашырылат. Кавитатордун корпусу күчтүү ысыйт, ошондуктан муздатуучу контурду алдын ала караштыруу керек. Кавитатордун диски, жогорку бышыктыктагы болоттон, корпусу – жөнөкөй конструкцияда жасалган. Диск менен канатчалар арасындагы аралык, кыймылдаткычка артылган жүктү аныктайт жана болжолдуу 1-3мм ди түзөт.

Суюктуктун агымы кавитатордон өткөндөн кийин, көбүкчөлүү гетерогендик аралашмага айланат. Бул көбүкчөлөр кысылганда, ылдамдануудан жүздөгөн мегапаскалга жеткен жогорку басым пайда болот. Мына ошондуктан, кадимки шартта бирикпеген суунун молекулалары, көлөмдүү кластердик структураны түзүү менен биригишет.

Жыйынтыгында, ушул жол менен алынган СЭКА күйөт, ал эми бөлүп чыгарылган ысытылган буу, өзүнүн белгилүү жылуулук санын суу казанын жылытууга берүүгө жөндөмдүү болуп калат.

Суу-май тибиндеги эмульсиянын тамчысы убакыттын аз аралыгында эле күчтүү күйүп бүтөт. Күйүү камерасындагы күйүүнүн эксперименталдык жыйынтыктарын карайлы.

4.1 – таблица. Күйүүчү заттан турган эмульсиянын тамчысынын күйүүсүнүн узактыгы

№	Күйүүчү зат	Тамчынын диаметри, мм	Чөйрөнүн температурасы, °С	Тамчынын күйүү убактысы, с
1	Керосин	1,2	760	1,59
2	Керосин эмульсиясы: керосин+суу (70+30)	1,2	760	0,92

4.1-таблицаардан көрүнүп тургандай, эмульсияланган суюк күйүүчү аралашма, суусуз күйүүчү заттарга караганда тезирээк күйөт, курамында 30% ке чейинки суусу бар эмульсияланган суюк аралашмалар күйүүнү начарлатпайт, тескерисинче тамчысынын ички бөлүнүүлөрүнөн, бөлүкчөлөрдүн беттеги буулануусунун күчөөсүнөн, күйүүчү заттын аба менен жакшы аралашканынын эсебинен күйүү процесси интенсивдешет. [18] жумушуна ылайык эмульсияланган күйүүчү аралашманын күйүү убактысынын кыскарганы күйүүчү заттардын толук күйүүсүнүн жакшырганын, жумушчу беттеги калдыктардын (көө) катмарларынын азайышын түшүндүрөт.

Мына ошентип, суюк күйүүчү заттарды гидродинамикалык кавитациялык иштетүүдө заттарды реагентсиз модификациялоо бир кыйла эффективдүү ыкма бойдон кала берет. Негизги күрөш, эффективдүү ыкмада ушундай түзүлүштөрдү жана процесстерди жаратуу.

Кавитация, молекулалардын күйүү процессин жакшырткан эркин радикалдарды пайда кылуучу жарым жартылай өздүк бузулуулары менен коштолот. Күйүүчү затты кавитациялык иштетүү, «аралашма бензиндин» фракциондук курамын стандарттык курамга чейин «жеткирет».

СЭКА көп жетишсиз күйүүчү заттарды үнөмдөйт. Жетишкен тарабы бир эле ал эмес, эмульсияны колдонуу менен күйүү процессин интенсивдештирет, түзүлүштүн күйүү камерасынын беттеринде же форсункада көөлөрдүн же башка күйүк катмарлардын пайда болуусуна алып келбейт.

#### **4.2 Нанофазалык материалдарды алууда кавитациялык технологиянын колдонулушу**

Акыркы жылдарда заманбап илимий изилдөөлөр багыты менен байланышкан жаңы нанопорошкторду синтездөө жана талдоо, интенсивдүү түрдө өнүгүп жатат, анткени алардын дисперстүүлүгү күчтүүлөнгөн сайын, алардын жаңы келечектүү функциялык мүнөздөмөлөрү жаралууда. Бул багытта жүргүзгөн иштердин маанилүүсү, биринчи кезекте "курамы-структурасы-дисперстүүлүгү-касиеттери" менен байланышкан корреляциялык издөө жана эң маанилүү мүмкүн болгон аймактардагы практикалык пайдалануусун билүү менен өзгөчө физика-технологиялык шарттарда алынган наноструктуралык композицияларды түзүү.

Акыркы жылдарда жогорку дисперсиялык (нано-, ультра - жана микроөлчөмдөгү) порошоктордун пайда болуу процесстерин изилдөө, интенсивдүү түрдө жүргүзүлүүдө жана илимде бул, бир кыйла ыкчам өнүгүп келе жаткан аймактарынын бири. Бул жерде теориялык, усулдук, эксперименталдык жана технологиялык материалдарды терең изилдөө жүргүзүлөт. Ар түрдүү материалдарга кошумчалар катары нанопорошкторду пайдалануу менен наноструктуралык композиттерди алуу, кескин механикалык, электрофизикалык, химиялык жана башка касиеттерин жогорулатат [92].

Нанометрикалык деңгээлде материалдардын касиеттерин жөнгө салуу усулу, алардын жаңы уникалдуу функционалдык касиеттерин ачуу мүмкүнчүлүгүн берди. Бул, өз кезегинде, материалдарды наноструктуралык башкарууга негизделген, жаңы продукталарды жана технологияларды түзүүгө алып келди.

Түрдүү элементтердин нанобөлүкчөлөрүнүн келип чыгышы, адатта эки ыкма менен жүргүзүлөт: чачуу жардамы менен (үстү-төмөн) жана өздүк жыйноо процессинде (асты-өйдө) [26,79]. Биринчисинде, минералдык-сырьелук ресурстардын өлчөмүн майдалоо менен нанобөлүкчөлөр алынат. Аларды чыгаруу үчүн физикалык, физика-химиялык, электрдик же термикалык процесстер пайдаланылат. Бул усулдар: энергетикалык майдалоо, механико-химиялык иштетүүнү, электрохимиялык чөктүрүү, лазердик бөлүп чыгаруу, буулантып конденсациялоо ж. б. камтыйт. Экинчи ыкма учурунда нанобөлүкчөлөр атомардык (молекулярдык) деңгээлинде алынат жана аларды көбүнчө химиялык ыкмада бөлүп алышат. Ыкмалардын ар биринде заттардын үч абалдарынын каалаганы алынышы мүмкүн: катуу, суюк жана газ (ошондой эле абалдардын айкалыштары). Нанобөлүкчөлөр атомардык (молекулярдык) өлчөмдөн 100нм ге чейинки өлчөмгө ээ, ошону менен катар кванттык жана макроскопикалык (микро жана макро) дүйнөлөрдүн ортосунда "көпүрө" болуп саналат.

Түрдүү өлкөлөрдүн окумуштууларынын, жогорку дисперстүү системаларга жүргүзгөн изилдөөлөрүнөн [33,47,53], бөлүкчөлөрдүн өлчөмдөрү 1,0 - 100 нм диапазонунда, химиялык курамы бирдей бирок анын физикалык-химиялык касиеттери түрдүүчө болгон коллоиддик (ультрадисперстик) микрогетерогендик системасын бөлүп көрсөтүүгө мүмкүндүк берди. Зат коллоиддик абалында 1,0-100 нм чейин диспергирленип, бирок өлчөмү боюнча өзүнчө молекулаларга айланган. Ошондуктан наноөлчөмдүү бөлүкчөлөр, ушул эле заттагы ири (микро - жана макро) объектилер түрүндөгү бөлүкчөлөрдөн, бир кыйла көптөгөн физикалык-химиялык касиеттери менен айырмаланат. Бул касиеттерге төмөнкүлөр кирет: механикалык, жылуулук-физикалык, электрдик, магниттик жана оптикалык химиялык мүнөздөмөлөрү. Азыркы кезде ушул сыяктуу айырмачылыктарды наноөлчөмдүү эффект деп аташат. Мындан тышкары, эгерде нанобөлүкчөнүн көптөгөн физикалык кубулуштарын мүнөздөгөн жок дегенде бир өлчөмү критикалык узундугунан кыска болсо,



анда квантомеханикалык жаратылыштарын мүнөздөгөн жаңы уникалдуу физикалык жана химиялык касиеттери пайда болот.

*Көмүртектик кичине өлчөмдүү бөлүкчөлөрдүн негизиндеги  
наносуспензиялар*

Адабий маалыматтардан [18,47,79] белгилүү болгондой, суюктуктун катуу бөлүкчөлөрүнүн аныкталган курамы, саны, концентрациясы, формасы, өлчөмү жана башка физикалык-химиялык, технологиялык параметрлеринин өзгөрүшү менен, суюктуктун баштапкы касиеттери табигый түрдө өзгөрөт. Мындайча айтканда суспензия классикалык композициондук материалдардын бардык белгилерине ээ, суюктук-нанокатууфазалык квази тең салмактуулуктагы системаны берет.

Ушундан улам, суспензияны шарттуу түрдө спецификалуу суюктук фазасындагы кеңири функционалдык-технологиялык мүмкүнчүлүктөрүнө жана физикалык-химиялык касиеттерине ээ композициондук материал катары классификациялоого болот [33,47,53].

Белгилүү ыкмаларда, суюк фазасы (наполнителя) механикалык аралашмалардан турган түрдүү суспензияларды даярдоо процесси, убакыт боюнча бөлүштүрүлөт. Ошондуктан, катуу продукталарын фракциондоо жана диспергирлөө механикалык аракеттер боюнча ишке ашырылат, андан кийин анын суюк матрицалары менен аралашуусу жүрөт. Бул учурда аралашуу процесси мүмкүн айкалышуусу менен, суюк фазанын майдалануусу менен, сепарациялоо менен жана башка процесстерде орун алат. Мындай ыраттуулуктун таасири, катуу бөлүкчөлөрдөн турган суюк фазалуу матрицалардын активдешүүсүнүн эффективдүүлүгүн төмөндөтөт.

Биздин экспериментте алынган микро- жана наносуспензияларды алуу, көмүр бөлүкчөлөрүн фракциондоо процесси менен суюк-нанокатууфазалык суспензияны жаратуу процесстеринин айкалыштыруусуна негизделген.

Биздин методологиянын маани-маңызы, ультрадисперстик көмүр бөлүкчөлөрдүн агымынын багыты тоскоолдукка багытталып, айнек идишинин бети менен динамикалык аракеттенишкенден кийин, беттен көмүрдүн микро-

нано бөлүкчөлөрү бөлүнүү менен микробузулуу орун алат (көмүрдүн макро бөлүкчөлөрү идиштин түбүнө чөгөт). Бөлүнгөн, салыштырмалуу майда көмүр бөлүкчөлөрү, андан ары аба менен аралашат, жана экинчи идишке өтүү менен анын бети менен да аракеттенишет. Экинчи идиште кадимки биринчи идиште жүргөн процесстер орун алат б. а. салыштырмалуу бир кыйла чоң көмүр бөлүкчөлөрү идиштин түбүнө чөгөт, ал эми жогорку дисперсиялык бөлүкчөлөр аба менен аралашып кийинки идишке өтөт, ушул процесс андан ары бир нече жолу кайталанат. Көмүр бөлүкчөлөрүн көп жолу фракциондоштургандан кийин, жогору дисперстик бөлүкчөлөр суусу бар идишке келип, аны менен аралашат. Кичине өлчөмдүү болгондуктан суунун түбүнө чөкпөйт. Биздин изилдөөлөр көрсөткөндөй, көп жолу бөлүнгөн көмүр бөлүкчөлөрү микро- жана наноөлчөмдөргө ээ, андан сырткары көмүрдүн нанобөлүкчөлөрү жумушчу сууга толугу менен аралашат.

Мындай гидроурунуу технологиясында көп жолу фракциялоо, суюктуктарды активдештирүүнүн жаңы ыкмасы болот, ошондой эле көмүрдүн жогорку дисперстик бөлүкчөлөрүн жана суюк-нанокаттууфазалык суспензияны алууда колдонулат. Активдештирүүгө алып келүүчү негизги факторлор жана каралган учурда суюк-нанокаттууфазалык суспензияны алуу технологиясынын негизи болуп: көмүр бөлүкчөсүнүн идиштин бетине көп жолку гидроурунуусу жана алардын диспергирленүүсү ошондой эле көмүр бөлүкчөлөрүнүн фракциялануусу саналат.

Түрдүү суюктуктардын функционалдык активдүүлүгүн башкаруу бөлүкчөлөрдүн агымынын басымын, фракциондоодо идиштин көлөмүнүн өлчөмүн, фракциондоо каскаддарынын санын, микрогетерогендик фазалар үчүн түтүктүн диаметрин жана процеске таандык бардык башка технологиялык параметрлерди өзгөртүү жардамында ишке ашырууга болот. Ошентип, көп каскаддык фракциондук технологиясындагы гидроурунуу, жогорку дисперстүү катуу фаза жана суспензиялардын толугу менен функционалдык активдүүлүгүн жогорулатат.

Активдештирилген көмүр суспензиясын алууда сунуш кылынган ыкмасынын жакшы жактары болуп, өнөр жайлык масштабда суспензияны алуу процессинин жеңил башкаруучулугу, туруктуу фазасынын бышыктык мүнөздөмөлөрүнүн чектөөлөрүнүн жоктугу.

Көмүрдүн жогорку дисперсирленген бөлүкчөлөрүнүн негизинде активдештирилген суспензияны алууга сунушталган гидроурунуу ыкмасынын активдештирүүчү негизги факторлоруна төмөнкүлөрдү белгилесек болот:

– суюк матрицаны түздөн-түз көп жолу фракциялоо менен, көмүрдүн жогорку дисперсирленген бөлүкчөлөрүнүн жаралуусу;

– көмүрдүн бөлүгүнүн өнүктүрүлгөн (чоң) бети;

– көмүрдүн жогорку дисперсирленген бөлүкчөлөрүнүн суюктук менен биригүүсүндө, механика-химиялык, физикалык процесстердин таасири.

Мындай процесстерге, эң суюк матрицаны активдештирүүдө, идиштин бетиндеги көп жолку гидродинамикалык, акустикалык-урунуу таасирлери ж. б. тиешелүү (синергетикалык эффекте активдештирүүнүн пайда болуу мүмкүнчүлүгү). Гидроурунууда суюктукту активдештирүүдө өтө жогорку активдешкен көмүрдүн бөлүкчөсү функционалдык касиеттеги сызыктуу эмес эффектердин пайда болушуна алып келиши мүмкүн. Тактап айтканда, "аралашмалардын" классикалык эрежеси аткарылбашы мүмкүн б. а. сунушталган ыкмада активдештирилген суспензиянын касиеттеринде, бардык зарыл жана жетишээрлик шарттар түзүлөт.

Көмүрдүн ар кандай өлчөмдөрү, микро- жана наносуспензия бөлүкчөлөрүн алууга, аларды фракциондоого жана тундуруу менен сепарациялоого техникалык мүмкүнчүлүк жаралууда. Анын үстүнө суюк матрицаны талдоо касиеттери, б. а. берилген убакытта, суюктуктун касиеттерине тийгизген таасирлерин (мурунку таасирлерин, аралашмаларын, талааларын ж. б.) аныктоо, өз алдынча илимий–колдонмо маселелер болуп саналат.

Аткарылган изилдөөлөрдүн жыйынтыгында төмөндөгүлөр белгиленди [83]:

- гидроурунуу технологияларын колдонуу, суюк фазалык продукцияларды активдештирүү менен байланышкан маселелердин комплексин чечүүгө мүмкүндүк берет. Атап айтканда, мисалы, суу жана суюктуктардын негизинде көрсөтүлгөндөй: урунуу-динамикалык факторлор эсебинен суюктуктарды иштетүүдөгү зыянсыздандыруу жана бактерициддик таасирлерде колдонулуучу технологиялык чөйрөлөрдүн функционалдык активдүүлүгүнүн жогорулашы; сууда суюктук катары стерилизацияланыш эффектинин сакталышы;
- гидротехнологиялык иштетилип жаткан чөйрөдө зыянсыздандыруу (бактерициддик) таасиринин тургузулушу, биринчи кезекте негизи суу жана анын туундуларынын урунуу-динамикалык, акустика-толкундук эффекттерде шартталган стерилизациясы жана анын жыйынтыгын бекемдөөчү жана күчөтүүчү, аны коштоочу физикалык жана электромагниттик кубулуштардын жаратылышы;
- берилген электрофизикалык мүнөздөмөдөгү материалдарды алууга мүмкүндүк берүүчү, көмүртек негизиндеги системаларда нанопорошкторду алуу процесстери оптимизацияланды.

#### **4.3 Кавитация эффектнин негизинде агын сууларды зыянсыздандыруу**

Таза суу менен камсыздоо эки фактордун жардамында ишке ашат [13,62,81]: филтрлөө жана дезинфекциялоо. Мында, ичүүчү сууну тазалоо жана зыянсыздандыруу этап-этап менен жүргүзүлөт: башында механикалык тазалоо, андан ары сууну хлорлоо жолу менен зыянсыздандыруу. Сууну зыянсыздандыруу заманбап каражаттар менен камсыз кылынат, мисалы, хлорлоо, озондоштуруу, ультрафиолеттик нурлантуу, электролиз. Ичүүчү сууну зыянсыздандыруунун эң жайылган ыкмасы - хлорлоо, бирок тескери таасирлерге ээ. Дезинфекциялоочу түзүлүш аркылуу суунун өтүү процессинде, ультрафиолеттик нурларда, озондоштурууда, электролиздин жардамында суу зыянсыздандырылат. Башкача айтканда, суунун идеалдык абалына жетүүгө, дайыма тынымсыз сууну тазалоону жана зыянсыздандырууну жүргүзүп, физикалык жана химиялык усулдарды чогуу колдонуу зарыл.

Азыркы учурда Ош шаарында суу тазалоочу ишканаларда сууну тазалоо жана зыянсыздандыруу механикалык фильтрлөө жолу менен, ошондой эле хлорлоо жана биологиялык ыкмалардын жардамы аркылуу жүргүзүлөт. Бирок, иштелип чыккан суу, курамында ар түрдүү бирикмелерди камтыгандыгы менен мүнөздөлөт. Бул көйгөйдү азыркы учурда сууну тундуруу же тазалоого чейин көмүр же башка фильтрлер аркылуу өткөрүү аркылуу чечишет.

Бул жумушта сууну зыянсыздандыруу кавитация эффектинин негизинде ишке ашырылды. Ош шаарында ичүүчү сууну зыянсыздандыруу үчүн 1 жылда базар наркы 304.2 млн. сом болгон 1152 т. хлор сарпталат, ошол эле учурда сууну зыянсыздандыруу үчүн электр талаасын же кавитация эффектин колдонууда, сууну зыянсыздандырууга кеткен чыгым бир нече эсе азаят [5].

*Агын сууларды электр талаасынын жана кавитация эффектинин  
негизинде зыянсыздандыруу*

Иштетилип жаткан суунун электр талаасынын таасиринде түздөн-түз зыянсыздалышын аныктоо үчүн, бир катар лабораториялык изилдөөлөрдү жүргүздүк. Изилдөөлөр иштетүүнүн оптималдуу режимдерин аныктоого жана агын сууларды зыянсыздандыруу процесстерин техникалык чечүүгө багытталды.

Эксперименттик түзүлүш, дат баспас болоттон жасалган сууну зыянсыздандыруучу бөлүктөн, электроддорго берилген чыңалууну турактуу кармап туруучу түзөткүчтөн, токтун режимдерин өлчөөчү амперметр жана вольтметрлерден турат.

Изилдөө Ак-Буура дарыясынын суусу менен жүргүзүлдү. Эксперименттик натыйжалар 4.2 жана 4.3. таблицаларда келтирилген. Бактерициддик эффект стандарттык усулда бааланды.

4.2 – таблица. Сууну электрофизикалык ионизациялоо менен зыянсыздандыруу

№	U (В)	I (А)	Зыянсызд. убактысы (Сек)	T (С)	V (Л)
1	8	$1,5 \cdot 10^{-3}$	0	15	2
2	8	$1,3 \cdot 10^{-3}$	30	15	2
3	8	$1,0 \cdot 10^{-3}$	60	15	2
4	8	$0,7 \cdot 10^{-3}$	90	15	2
5	8	$0,6 \cdot 10^{-3}$	120	15	2
6	8	$0,6 \cdot 10^{-3}$	150	15	2
7	8	$0,6 \cdot 10^{-3}$	180	15	2
8	8	$0,6 \cdot 10^{-3}$	210	15	2
9	8	$0,55 \cdot 10^{-3}$	360	15,2	2
10	8	$0,5 \cdot 10^{-3}$	660	15,5	2
11	8	$0,5 \cdot 10^{-3}$	2400	17	2

4.3 – таблица. Сууга кавитация эффекттин колдонуу менен зыянсыздандыруу

№	P (Атм.)	T (°С)	n (Айл.)	U (В)	I (А)	V (Л)	Зыянсызд. убактысы (Сек)	Зыянсызд. даражасы
1	-	12	-	8	$1,5 \cdot 10^{-3}$	2	0	79,2
2	1	15	2	8	$1,2 \cdot 10^{-3}$	2	30	83,3
3	1	18	4	8	$0,95 \cdot 10^{-3}$	2	60	90,7
4	1	21	6	8	$0,75 \cdot 10^{-3}$	2	90	95,9
5	1	23,4	8	8	$0,68 \cdot 10^{-3}$	2	120	98,0
6	1	25,5	10	8	$0,62 \cdot 10^{-3}$	2	150	99,3
7	1	26,7	12	8	$0,6 \cdot 10^{-3}$	2	180	100,0
8	1	28	14	8	$0,6 \cdot 10^{-3}$	2	210	100,0
9	1	29	16	8	$0,6 \cdot 10^{-3}$	2	240	100,0

4.4-таблицада суунун микробиологиялык көрсөткүчтөрүнүн кавитатор аркылуу өтүүсүнүн санынан көз карандылыгынын лабораториялык изилдөөлөрүнүн жыйынтыктары берилди. Алынган маалыматтардан көрүнүп тургандай, суунун кавитатор аркылуу 12-жолку өтүүсүндө, суу толугу менен зыянсыздандырылат. Микробиологиялык көрсөткүчтөр Ош шаардык мамлекеттик санитардык-эпидемиологиялык көзөмөл борборунун лабораториясында аныкталды.

4.4 – таблица. Сууну лабораториялык изилдөөлөрдүн жыйынтыгы (микробиологиялык көрсөткүчтөрү)

Кавитатор аркылуу өткөн суунун айлануусунун саны	Аныкталуучу көрсөткүчтөр						Сыноо усулу
		КОЕ в 1мл	НВЧ ОКБ в 100мл	НВЧ ТКБ в 100мл	Сальмонелл мезгил. патогендик микрофлора	Зыянсыз. даражасы % менен	
	Баштапкы суу	200 мт	960	960	Табылбады	-	ГОСТ 19963-73
1		Өсүү жок	200	210	Табылбады	79,2	ГОСТ 19963-73
2		Өсүү жок	161	165	Табылбады	83,3	-/-
3		Өсүү жок	118	120	Табылбады	87,8	-/-
4		Өсүү жок	90	90	Табылбады	90,7	-/-
5		Өсүү жок	63	65	Табылбады	93,5	-/-
6		Өсүү жок	40	40	Табылбады	95,9	-/-
7		Өсүү жок	28	30	Табылбады	97,1	-/-
8		Өсүү жок	20	20	Табылбады	98	-/-
9		Өсүү жок	12	14	Табылбады	98,8	-/-
10		Өсүү жок	7	7	Табылбады	99,3	-/-
11		Өсүү жок	3	3	Табылбады	99,7	-/-
12		Өсүү жок	0	0	Табылбады	100	-/-

Зыянсыздандыруу даражасы менен техникалык параметрлеринин өз ара байланышын сан жагынан баалоо үчүн корреляция коэффициенти эсептелди жана алар 4.5-таблицада келтирилди.

4.5 – таблица. Процесстеги параметрлердин өз ара байланышы жана зыянсыздандыруу даражасы

Көз карандылык	Корреляция коэффициенти
Ток – Бактерициддик эффект	0,78
Чыңалуу – Бактерициддик эффект	0,74
Иштетүү убактысы – Бактерициддик эффект	0,80
Электрдик каршылык – Бактерициддик эффект	0,76

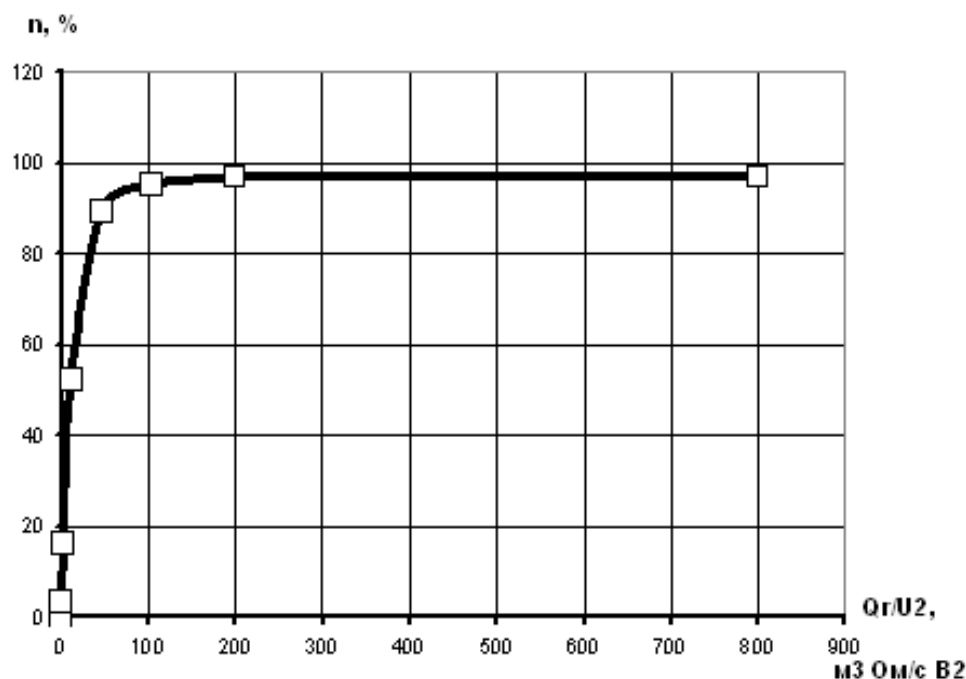
4.5-таблицадан көрүнүп тургандай бардык корреляция коэффициенттери  $>0$  мааниге ээ, бул түз стохастикалык байланыштагы изилдөөлөрдөн көз карандылыгынын жашаарын билдирет. Мында бактерициддик эффекттин корреляциондук байланыш чоңдугу, бардык изилденген параметрлерде жогору жана болжол менен бирдей. Бул, изилденүүчү параметрлеринин комплексинин зыянсыздандыруудагы таасиринин жыйынтыгын берет.

Омдун законуна ылайык  $I=U/R$ , мына ошондуктан суунун чыгымдалуусу  $q=V/t$  катары аныкталат, ал эми электр энергиясынын салыштырмалуу сарпталуусу:  $E_1= IUt/V$ , же  $E_1=U^2/qR$ , Дж/м<sup>3</sup>.

Бул жерде  $(qR/U^2)$  чоңдугу, бул - бактерициддик комплекси, ал бирдик көлөмдөгү суунун зыянсыздандырылуусундагы электр энергиясынын сарпталуусун мүнөздөйт.

Бактерициддик эффекттин токтуун параметрлери эске алынгандагы  $qR/U^2$  комплексинен көз карандылык графиги 4.1-сүрөттө келтирилген.





4.1-сүрөт. Бактерициддик эффекттин  $qR/U^2$  комплексинен көз карандылыгы.

Алынган бактерициддик эффекттин  $qR/U^2$  комплексинен көз карандылык теңдемеси төмөндөгүдөй жазылат:

$$Q=A \cdot \exp (-E q R / U^2) . \quad (4.1)$$

Бактерициддик эффект –  $qR/U^2$  комплексинин байланыш корреляция коэффициенти 0,84 түздү, бул башка изилденген көз карандылык коэффициенттердин маанисинен чоңдук кылат. Мына ошентип,  $qR/U^2$  параметрлердин комплексин электрдик зыянсыздандыруу процессин моделдештирүүнүн критерийи катары колдонсо болот.

#### *Суунун катуулугу*

Белгилүү болгондой, суунун катуулугу андагы аралашкан кальций жана магний туздарынан көз каранды болот [12,46,61,76]. Суунун катуулугу кеңири пределде термелип турат. Суунун катуулугу 4 мг-экв/дм<sup>3</sup> дан аз болсо, жумшак деп эсептелинет, 4- 8 мг-экв/дм<sup>3</sup> аралыгында – орточо катуулукта, 8- 12 мг-экв/дм<sup>3</sup> аралыгында – катуу, ал эми 12 мг-экв/дм<sup>3</sup> жогору болсо – абдан катуу

деп саналат. Адатта катуулук кальцийдин иондошуусунун эсебинен жүрөт (70%ке чейин), жеке учурларда магнийдик катуулук 50-60%ке жетет. Деңиз жана океан сууларынын катуулугу кыйла жогору болот (ондогон жана жүздөгөн мг-экв/дм<sup>3</sup>). Жер бетиндеги суулардын катуулугу, мезгилге жараша сезилээрлик өзгөрүп термелип тураары аныкталган, адатта эң чоң мааниге кыштын аягында, ал эми эң кичинеси суу ташкындаган мезгилге туура келет. Жогорку катуулук сууга ачуурак даам берип, тамак сиңирүү органдарына таасирин тийгизип, суунун органолептикалык касиеттерин начарлатат. Ичүүчү суунун жалпы катуулугунун чоңдугу 10 мг-экв/дм<sup>3</sup> ашпоосу керек. Ошондуктан технологиялык процессте колдонулган суунун катуулугу 4 мг-экв/дм<sup>3</sup> га чейин же андан да аз болуусу талапка ылайык.

4.6-таблицада электр талаасы менен таасир эткенден кийинки эксперименталдык жыйынтыктар келтирилген.

4.6 – таблица. Электр талаасынын таасиринен кийинки суунун катуулук көрсөткүчү

Таж. №	Чыңалуу, В	Электроддор арасындагы аралык, мм	Суунун баштапкы катуулук көрсөткүчү, мг-экв/дм <sup>3</sup>	ЭТ таасир. кийинки суунун катуулук көрсөткүчү, мг-экв/дм <sup>3</sup>	Суунун катуулук көрсөткүчүнүн азайышы, % менен
1	50	3	4,2(Мады)	2,3	54,8
2	120	8	5,5 (Ак-Буура)	2,7	49,0

Таблицадан көрүнүп тургандай, электр талаасы суунун катуулугун болжолдуу 50%ке чейин азайтууга мүмкүндүк берет. Башкача айтканда, реагент колдонбостон электр талаасынын таасири менен гана суунун катуулугун азайтуу экономикалык жактан максатка ылайыктуу.

*Суунун электрдик каршылык коэффициенти*

Электр жана магнит талааларынын таасиринен кийинки, ошондой эле кавитатор аркылуу өткөргөндөн кийинки суунун өзгөчөлүктөрүн изилдеп,

суунун электрдик каршылыгынын өзгөрүшүнүн маанилерин аныктадык (3.7-таб.карагыла). Алынган маанилерден көрүнүп тургандай, сууну тиешелүү иштетүүлөрдөн соң, анын электрдик каршылык коэффициенти төмөндөйт б.а. анын катуулугу азаят.

Бизге белгилүү, электр талаасы агын сууларды эффективдүү зыянсыздандырат. Зыянсыздануу электр талаасынын таасир этүү убактысынан көз каранды (4.3-таб.карагыла). Сууну электр талаасынын таасиринде зыянсыздандыруу ыкмасын жогорку эффективдүү зыянсыздандырууга жана суунун катуулугун азайтууга сунуштаса болот. Кавитация процесси да агын сууларды эффективдүү зыянсыздандырат (4.2-таблицаны карагыла).

#### **4.4 Кавитация эффектинин негизиндеги жылуулук генератору**

Лабораториялык кавитациялык түзүлүштү пайдаланып (3.1-сүрөт), сууну кавитациялоодо суунун температурасынын өзгөрүшүн өлчөйбүз. Насостун электрдик кыймылдаткычын иштетип, манометрдин көрсөткүчүн байкап, басымды керектүү маанисине келтиребиз. Бул үчүн контурдагы кирүү жана чыгуу патрубктарынын арасына вентиль жайгаштырылган. Контурдун түтүккө кирүүсү менен насостон чыгуусунун арасындагы оптималдуу басым 6–7 атм. диапазонунда болууга тийиш.

Насос, бизге түтүккө киргендеги басымдын 6,3 атм. камсыздайт. Түтүктөн чыккандагы басымды 1,2 атм. кармап, сууну айлануу менен кыймылга келтирип, убакытты белгилейбиз.

Кавитатор аркылуу суунун өтүүсүндө, кавитациялык көбүкчөлөр пайда болот жана алардын жарылуусунан суу ыссыйт. Жылуулукту бөлүп чыгаруу кубаттуулугу: термопаранын жардамында өлчөнүүчү, кавитатордун кирүү жана чыгууларындагы суунун температураларынын айырмасы жана манометрдин жардамында өлчөнүүчү, кавитатор аркылуу өткөн суюктуктун сарпталышы аркылуу өлчөнөт.

4.7 – таблица. Кавитация процессинде суунун температурасынын өзгөрүшү

$P, (атм)$	$V, (литр)$	$t, (мин)$	$T, (°C)$
6,3	13	0	20
		1	24
		2	28
		3	32
		4	35
		5	38
		8	46
		10	51
		14	57

Суунун контур боюнча толук бир айлануусунда, температурасынын өсүүсү минутасына болжолдуу  $3^{\circ}C$  болоору аныкталды. Мына ошентип, кавитациялоодо 10 минута аралыгында суунун температурасы  $20^{\circ}C$  дан  $51^{\circ}C$  га чейин жогорулаган. Насос орнотулган контурдун көлөмү 13 л. Токту мүнөздөгөн чондуктарды өлчөө аркылуу, колдонулган электр энергиясын эсептеп алсак болот. Бул маалыматтарды эске албай, энергияны кайра өзгөртүүчү коэффициентти (КПЭ) эсептейли:

$$КПЭ = (C \cdot m \cdot (T_k - T_n)) / (3600000 \cdot (Q_k - Q_n)), \quad (4.2)$$

мында  $C$  – суунун салыштырмалуу жылуулук сыйымдуулугу,  $4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ ;

$m$  – ысытылган суунун массасы, кг;

$T_n$  – суунун баштапкы температурасы,  $293^{\circ}K$ ;

$T_k$  – процесстин аягындагы суунун температурасы,  $324^{\circ}K$ ;

$Q_n$  – электрдик эсептегичтин баштапкы көрсөткүчү,  $0 \text{ кВт} \cdot \text{саат}$ ;

$Q_k$  – электрдик эсептегичтин аягындагы көрсөткүчү,  $0,4 \text{ кВт} \cdot \text{саат}$ .

Маанилерди (4.2) формуласына колдонуп, төмөндөгүнү алабыз:

$$КПЭ = (4200 \cdot 13 \cdot (324 - 293)) / (3600000 \cdot (0,4 - 0)) = 1,175$$

Демек, биздин жылуулук генераторубуз  $5 \text{ кВт} \cdot \text{саат}$  электр энергиясын пайдаланып  $1,175$  эсе көп жылуулук өндүрөт, тактап айтканда  $5,88 \text{ кВт} \cdot \text{саат}$

электр энергиясына тең. Ошентип биздин ишибиздин орундуу экенбиздин белгилей алабыз. Бул формулада, кыймылдаткычтын ПАКти эсепке алынбады, демек реалдуу трансформациялоо коэффициенттери мындан да жогору болушу мүмкүн. Ушуга эле жылуулук насосун жана гелиоколлекторду кошуу менен энергияга кеткен чыгымды дагы азайтсак болот.

Жогорудагы жүргүзүлгөн эсептөөлөрдөн, кавитатор чындыгында эле жылуулук генераторунун кызматын аткарат деген жыйынтыкка келебиз.

#### **4.5 Күн нурунун жана кавитация эффектинин негизинде иштөөчү күн-кавитациялык түзүлүшүн жаратуу**

Ушул сунушталган күн-кавитациялык түзүлүшү (ККТ) бирин-бири толуктаган эки ыкма менен коштолот: күн суу жылытуучу коллектору негизинде күн нурунун энергиясын колдонуу жана Лаваля түтүгүнүн жардамында жылуулукту кавитациялоо жолу менен суунун ички энергиясын чыгаруучу кавитация эффекти. Мына ошентип, жылуу суу менен камсыздоочу түзүлүш эки модульду камтыйт: өз ара патрубктар менен бириктирилген күн суу жылытуучу коллектору жана кавитациялык түзүлүш. Модульдарга жеке өзүнчө жылуулук датчиктери жана патрубктар аркылуу туташтырылган жылуу сууларды алып өтүүчү жекече труба өткөргүчтөр орнотулган, патрубктардын кесилишинде бекитүүчү түзүлүштөр жайгаштырылган. Түзүлүштүн бак-аккумуляторунан сууну жиберүүчү труба өткөргүч, суу насосу менен жабдылган. Жылуулук түзүлүшүнүн эки модуль тең өз алдынча да, биргеликте да иштей алат жана бир бүтүн конструкция катары куралган. Ошентип, күн суу жылытуучу коллектору жана кавитация модуль конструктивдүү айкалыштырылып, бир блокто эки жылуулукту иштеп чыгаруу ыкмаларынын бириктирилишине мүмкүнчүлүк түзүлдү (4.3-сүрөт).

Күндүн энергиясынын нурлануу интенсивдүүлүгү, беттин метр квадратына, болгону бир нече вольт оптикалык диапазондуу тура келет, ал эми өнөр жайлык масштабда күн нурлануусунун энергиясын алуу үчүн чоң аянтты алуу талап кылынат. Ошондуктан, күн суу жылытуучу коллектору менен

кавитация модулуунун биригүүсү, толук түзүлүштүн иштөөсүнүн эффективдүүлүгүн жогорулатат.

Азыркы мезгилде, суунун айлануусу (циркуляциясы) үчүн каналдары жайгашкан карайтылган металлдан жылуулук кабыл алгычы бар, бир же бир нече тунук жылуулук өткөрбөөчү материалдар менен капталган ящикти элестеткен, бир катар күн суу жылытуучу коллекторлордун (КСЖК) конструктивдүү варианттары белгилүү. КСЖКдун мындай варианттарынын биринде, суунун айлануусу төмөндөн жогору карай аккан, металл трубасы колдонулат [30]. Синусоида формасындагы труба, жалпак металл пластинкасынын (листинин) (калындыгы, эреже катары, 1-2 мм) бетине карматылган. Металл пластинкасынын бети карайтылган, жана ага жутулган күн нурларынын жылуулук энергиясы, ага карматылган трубага берилет, андан труба өткөргүч аркылуу өткөн сууга берилет. Мындай жылуулук кабыл алгыч, бети айнек менен жабылган (күн нуру өтүү үчүн), жылуулук өткөрбөөчү ящиктин ичине жайгаштырылган. Ящиктин корпусу жыгачтан, пластмассадан же металлдан жасалат.

КСЖКнун дагы бир түрүндө, тегиз жалпак жылуулук кабыл алгычы, эки металл пластинкасынан штамповкаланып бириктирилип жасалат. Штамповкаланып бириктирилген металл пластинкаларынын арасында жылуу суу өткөнгө түтүктөр болот [7]. Бул КСЖКда, мындай жалпак жылуулук кабыл алгыч, бети айнек менен жабылган жылуулук өткөрбөөчү жыгач же темир корпусунун ичине жайгаштырылган.

Каралган КСЖКнун негизги кемчиликтери болуп, алардын металлды көп керектегендиги жана салмагынын оордугу. Белгилүү жылуулук кабыл алгычтар металлдардан даярдалган, ал эми кээде түстүү кымбат - жез, алюминий же оцинковкаланган темирден даярдалган, бул алардын наркын жогорулатат. КСЖКду түстүү металлдардан даярдоо технологиясы кымбатка турат. КСЖКдун  $1\text{ м}^2$  бетинин аянтына 18-20 кг металл туура келет. Мындай КСЖКнун негизинде куралган күн суу жылытуучу түзүлүштүн жалпы баасы жогору болот. Ошондуктан, мындай түзүлүштөрдүн кымбатка турушу жана

ташууда кыйынчылыктарды жаратышы өндүрүштө кыйынчылыктарды туудурат [89].

КСЖК талдоолордон жана жогоруда келтирилген мисалдардан көрүнүп тургандай, КСЖКду иштеп чыгуу жаатындагы техникалык деңгээли боюнча 80% металлдан жасалган. Бул аларды даярдоо технологиясын аныктайт.

Ошондуктан, биздин жумуштун (модуль1) максаты болуп, белгилүү КСЖКдын кемчиликтерин жоюулган жогорку өндүрүмдүүлүктөгү арзан, металл аз керектелинген КСЖКрун даярдоо болуп саналат. Коюлган максатка корпусу айнектен жасалган призма тибиндеги каркас көлөмүнөн, сууну буулантуучудан, жылуулук алмаштыруучудан, жылуулук алмаштыргычы сууну буулантуучуга вертикалдуу үстү тарабында жайгашкан жана алардын арасында кошумча ысытып-буулантуучусу бар КСЖК жардамында жетсек болот.

Сунушталган түзүлүш 4.2-сүрөттө схемалык түрдө көрсөтүлгөн. Ал металл каркасынан 1 (бардык тарабы айнек тосмо 2 менен чектелген), алды тарабындагы жантак бети кош айнектен 3 турат. Корпус ичинде жумушчу сууну буулантуучу (поддон) 4 жайгашкан. КСЖКнын жогорку бөлүгүндө эллипсоцилиндрикалык формадагы жылуулук алмаштыргыч 5 жайгашкан. Жылуулук алмаштыргыч менен сууну бууланткыч арасында гиперболанын бөлүгү формасындагы, бети карайтылган жана күн нурун кабыл алууга ылайыкташтырылып жайгаштырылган кошумча ысыткыч-бууланткыч 6 жайгашкан. Ал кадимки темирден жасалып, төмөн тарабынан сууну бууланткычка кошулат. Ысытылган сууну керектөө үчүн, жылуулук алмаштыргычка патрубктар 7 орнотулган. Жылуулук алмаштыргыч жылуулук өткөрбөөчү капкакка 8 бекитилген. Айнек менен металл каркастын арасына, КСЖКдо герметикалык абалды түзүүчү атайын майлар берилген.

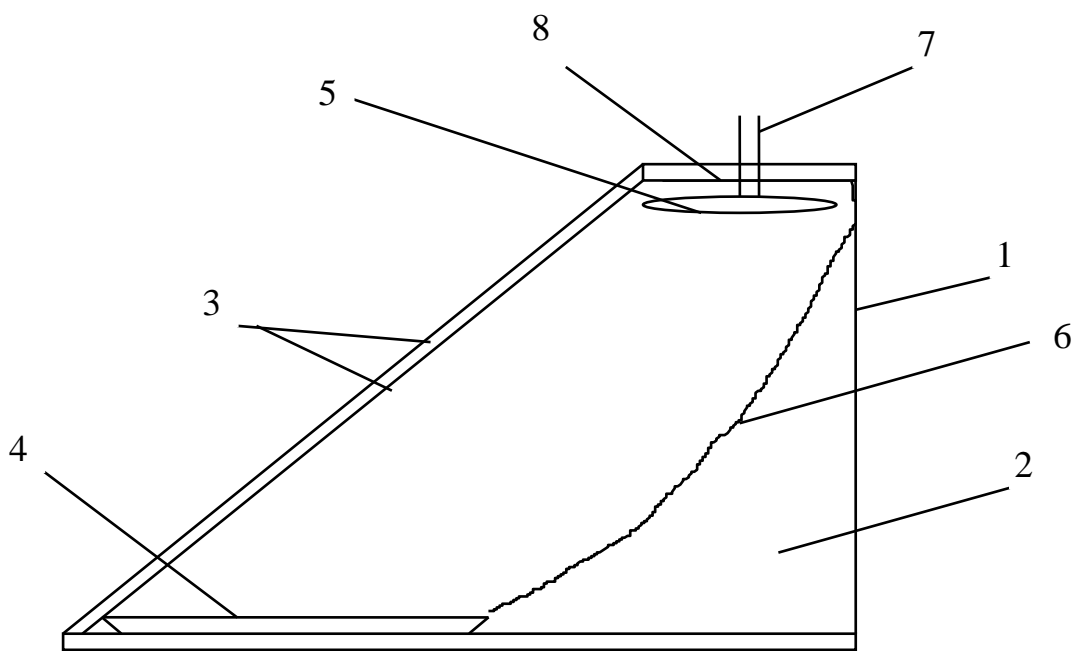
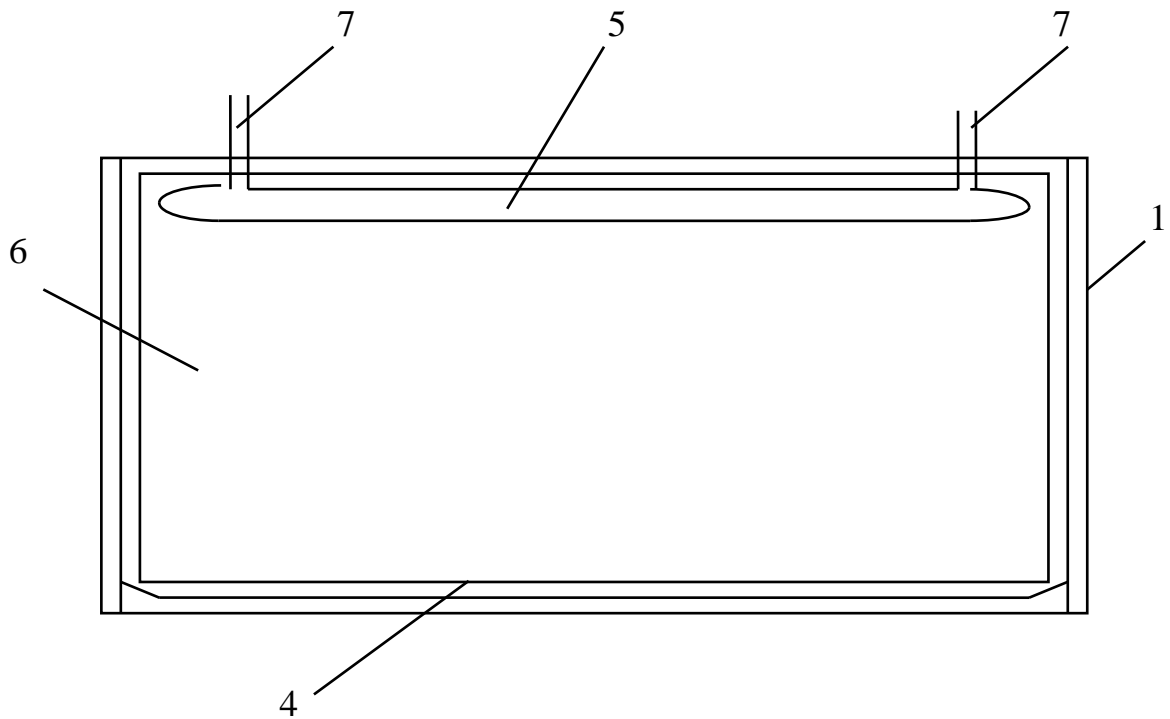
Күн-кавитациялык түзүлүштүн (ККТ) 1-модулу төмөндөгүдөй иштейт: күн нурлары айнек беттер аркылуу өтүп, сууну бууланткычтагы сууга жана кошумча ысыткычка жутулат, натыйжада КСЖК ичиндеги температура жогорулайт жана жумушчу суунун алгачкы буулануусу – фазалык өтүүсү орун алат. Суу буусу, вертикалдык кысылууга келген мейкиндикте жогору

көтөрүлүп, муздак суусу бар жылуулук алмаштыргычтын бетине урунат жана конденсацияланып өзүнүн энергиясын жылуулук алмаштыргычка берет. Суунун тамчысы, жылуулук алмаштыргычтан түшүү менен ысытылган, жогорку температурага ээ ысыткычка урунат жана көпчүлүк убакытта сууну бууланткычка жетпей кайрадан бууланат. Мына ошентип, жумушчу суудан (буу) жылуулук алмаштыргычка (колдонулуучу сууга) багытталган үзгүлтүксүз жылуулук-массалык которулуу орун алат.

Ошентип, КСЖКнын жумушчу процесси күндөн тузсуздандырылуунун (опреснитель) жумушчу процессине окшош болуп, конденсирленген буу, кайрадан суюк фазасына кайтат. Жылуулук алмаштыргычтын (конденсация аймагы) бууланткычтын (буулануу аймагы) түз үстүндө жайгашуусу, буунун өтүү жолун кыскартат б.а. конденсациялоо аймагына ылдам жетүүсүн шарттайт. Бул өз кезегинде, ПАКтин жогорулатат, андан КСЖКдун өндүрүмдүүлүгү жогорулайт. Кошумча ысыткыч-бууланткыч, буулантуучуга караганда жогорку температурага ээ болуп, өзү менен абаны ысытууга да жөндөмдүү келип, суу буусунун пайда болуу орунунан конденсация орунуна которулуу ылдамдыгын жогорулатуу менен архимеддик көтөрүү күчүн жогорулатат (жүргүзүлгөн эсептөөлөр жогорудагы айтылгандарды ырастайт). КСЖКнун алдыңкы бетинин эки кабат айнектелүүсү, ички айнектин бетинин тердеп кетүүсүнөн жана күн нурун аз өткөрүп калуусунан сактайт. Тамак-аш өнөр жайында колдонууга боло тургандай колдонулуучу суунун гигиеналык жактан таза болушу үчүн, жылуулук алмаштыргыч болоттон жасалган.

КСЖКдо айнектин калыңдыгы 4 мм болгондо, жалпы салмагы 25-25,5 кг болот. Каркас жана жылуулук алмаштыруучуну кошкондогу металлдын сарпталуусу 7,8 кг. КСЖКнун иштөөсүндө, 0,5-0,7 л бууланткычка куюлган жумушчу суу, 2 ай үзгүлтүксүз иштөөсүнө жетет. Сууну кошумчалоо үстүңкү капкагын алуу менен жүргүзүлөт. КСЖК (ККТ 1-модуль) трапеция түрүндөгү металл каркасынан туруп, анын туурасынан кесилишинин өлчөмдөрү: төмөнкү негиздеринин узундугу– 580 мм; жогорку негиздеринин узундугу -130 мм; тик





4.2-сүрөт – Күн суу жылытуучу коллекторунун схемасы

капталдагы тараптар бийиктиги – 580 мм; жантак капталдагы тараптар узундугу – 710 мм. Негизи тик бурчтук формасында болуп, өлчөмү 580 х

800 мм. Жылуулук алмаштыруучу эллипсоцилиндрдик формасында болуп, узундугу 550 мм жана эллипстин октору 20 жана 120 мм.

Эксперименттин жыйынтыгы боюнча, күндүн нурлануусунун тыгыздыгына жараша КСЖКнун ПАКти 62-80 %ти түздү б. а. башка коллекторлорго салыштырмалуу 20-25 % ке жогору.

ККТтүн кавитациялык модулун (жылуулук генераторун) (2-модуль) түзүү үчүн, суюк абалындагы ар кандай заттардын жумушчу чөйрөсүндө, кавитация эффекти жардамында суунун ички энергиясын алууга жетишүү. Бул маселе, суюк затта туруктуу жана өзгөрүлмөлүү түзүүчүлөргө ээ басымды, мезгилдүү өзгөртүү эсебинен кавитациялык көбүкчөлөрдү пайда кылуу жолу аркылуу чечилди.

Суюк фазасындагы затка, бир мезгилде өзгөрмө жана статикалык басымдардын таасир этүүсүнөн суюктукта кавитациялык көбүкчөлөр пайда болот, ошол эле учурда эки чоңдуктун суммасы: берилген температурада өзгөрмө басымдын амплитудасы жана заттын каныккан буусунун басымы, эки чоңдуктун суммасынан чоңдук кылат: статикалык басым жана берилген температурада суюктукту ажыратуудагы бышыктыгы. Көбүкчөлөрүн жарылуу учурунда, кавитациялык көбүкчөлөргө таасир этүүчү, басымдардын айырмасынын таасиринен, көбүкчөлөр ылдамдайт, кошумча көбүкчөлөр пайда болот, кинетикалык энергиялары жогорулайт. Кинетикалык энергиянын чоңдугу атомдор (молекулалар) арасындагы байланышты үзүү үчүн жетиштүү. Жыйынтыгында, кавитациялык көбүкчөлөрдүн жарылуу мезгилинде (жарылуусунда), чоң сандагы энергия бөлүнүп чыгат. Жарылуудан бөлүнүп чыккан энергия, суюктукта жылуулукка айланат. Бул жылуулук, иштеп чыгуу аймагынан ысытылган суюктук түрүндө үзгүлтүксүз чыгарылып иштетилип турат жана муздаган суюктук кайрадан иштеп чыгуу аймагына кайтат.

Куюндуу жылуулук генераторлорунан белгилүү болгондой, куюндатууда суунун агымы чоң ылдамдык менен жүгүрөт, анын таасиринен суюктуктагы басым атмосфералык басымдан бир канча төмөн болуп калат, жыйынтыгында кавитациялык көбүкчөлөр пайда болот. Бул агымды механикалык тоскоолдукка

урунтсак, суудагы басым кескин жогорулайт жана кавитациялык көбүкчөлөр жарылышат. Мындан, сууда куюундуу кыймылды пайда кылган электр энергиясынан болжолдуу эки эсе жогору болгон, жылуулук энергиясы бөлүнүп чыгат.

Мындай жылуулук генератору имараттарды жылытуу үчүн колдонулат. Алардын негизги жетишсиздиги, анын колдонгон электр энергиясынан ашыкча энергияны өндүрө албагандыгы. Кошумча жетишсиздиги, анын эффективдүүлүгү анчалык жогору эмес.

Конструкциясы жана иштөө маңызы боюнча эң жакын болгон жылуулук генератору болуп, жеке имараттарды жылытуучу түзүлүштөр саналат [90], алар төмөндөгүдөй маңызда иштешет: насос сууну басым менен кичине кесилиштеги параллель трубалар аркылуу жүгүртүп, суунун агымынын ылдамдыгы кескин азайган, суу урунуучу көлөмгө келгенде, гидродинамика закону боюнча басым жогорулап, жыйынтыгында кавитациялык көбүкчөлөр жарылуусу орун алып, жылуулук энергиясы бөлүнүп чыгат. Көлөмдөгү суу ысыйт жана жылытуу үчүн пайдаланылат. Бирок, бул түзүлүштүн кемчилдиги болуп, конструктивдүү татаалдыгы жана аны куроодогу көп чыгымдарды талап кылгандыгы. Ошондуктан, конструкциясы жөнөкөй жана аз чыгымда куралган кавитациялык түзүлүштү жаратуу зарылдыгы туулат.

Ушуга байланыштуу төмөндө берилген техникалык чечимдин (2-модуль боюнча) максаты болуп төмөнкүлөр саналат: - конструкциялык жөнөкөйлөтүү; - жумушчу бөлүктөдүн кавитациялык жешилүүсүн төмөндөтүү.

Коюлган максаттарга жетүү үчүн төмөндөгүлөр аткарылган.

1. Кавитациялык энергияны алууда, суунун ички энергиясын жылуулук энергиясына айландыруу жана жылуулук генераторунун функционалдык мүмкүнчүлүгүн арттыруу максатында суу түтүгү Лавалья түтүгү көрүнүшүндө даярдалган.

2. Энергиялык өзгөртүүнү кеңири чегинде башкарууну камсыз кылуу үчүн жана ар кандай эксплуатациялык шарттар үчүн Лавалья түтүгү аркылуу өтүү өзгөрүлмө болуп даярдалган б.а. суюктуктун агымын өздүк кысуусу жана

акырындатуусу орун алган. Андан сырткары кирүү жана чыгууларынын кесилишинин түрдүүлүгүнөн кавитациялык процесстердин активдешүүсү орун алат. Белгилей кетүүчү нерсе, ККТ күн ачык күндөрү күндүн энергиясы пайдаланылат, ал эми түндөсү, булуттуу күндөрү, айрыкча кыш мезгилинде кавитация эффекти пайдаланылат жана жылуу суу менен камсыздайт.

Суунун  $20^{\circ}\text{C}$  температурадагы ажыратуу бекемдиги болжол менен 0,35 МПа.  $20^{\circ}\text{C}$  температурадагы сууну кавитатор (Лавалья түтүгү) аркылуу өткөрөбүз. Кавитатор аркылуу өткөн сууда көбүкчөлөр пайда болот жана анын жарылуусунан суу ысыйт. Ысытылган суу труба өткөргүчтөр аркылуу жылуулук энергиясын пайдалануучуга берилет. Түзүлүштүн белгилүү иштөө режимин орнотобуз, аны үчүн берилген режимде стабилдүү иштегенге чейин, 10-15 минута иштөөсүн кармайбыз, анан өлчөөлөрдү, эсептөөлөрдү жүргүзөбүз.

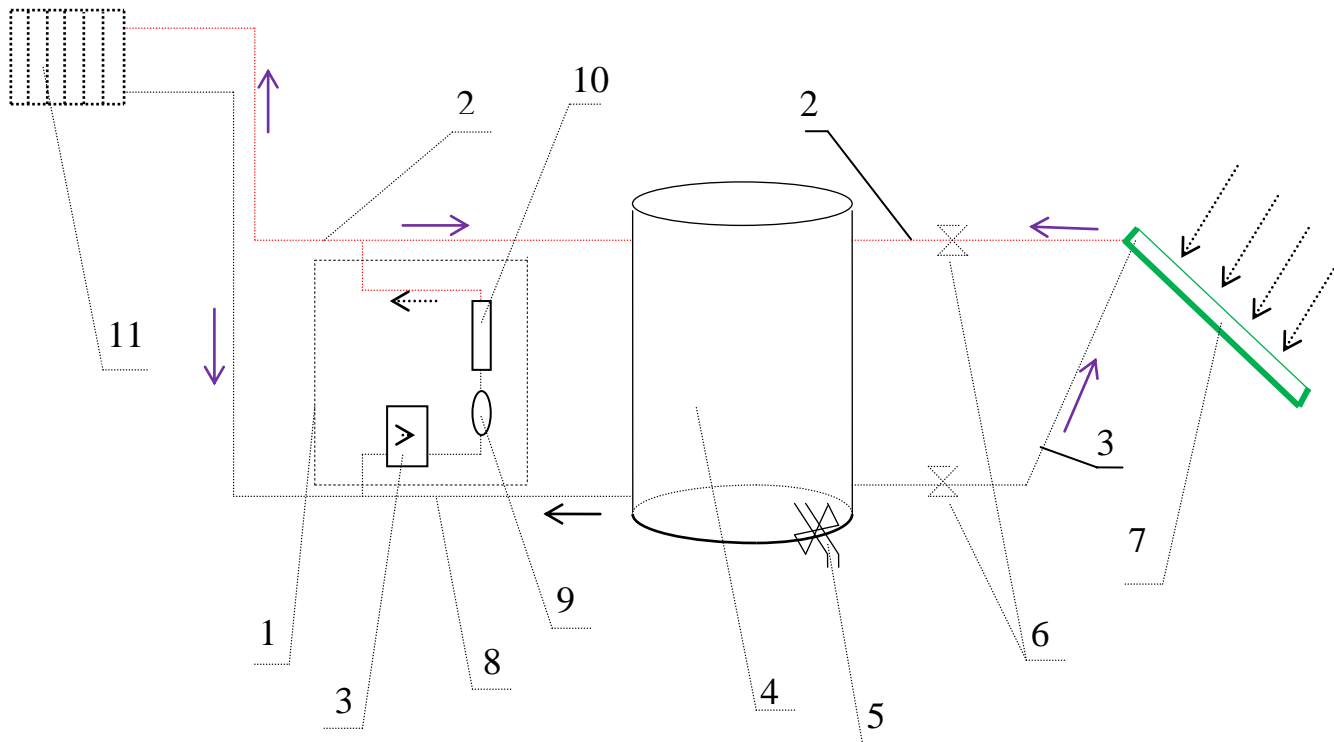
Сунушталган ККТтүн 2-модулу схемалык түрдө 4.3-сүрөттө көрсөтүлгөн. Берилген 2-модуль сууну айдоочу насостон, сууда кавитациялык көбүкчөлөрдү пайда кылуучу активатордон жана кавитатордон жана башка аналогиялык түзүлүштөрдөн айырмаланган башкарылуучу гидроурунуу тоскоолдугунан турат. Гидроурунуу көлөмүндө көбүкчөлөрдүн жарылуусунан пайда болгон жылуулук энергиясы жылытуу радиаторунда сарпталып, муздаган суу трубаөткөргүчтөр аркылуу суу айдоочу насосуна келет, ошентип 2-модулдагы жумушчу цикл аягына чыгат жана кайталанып чексиз жумушчу циклдар аткарылат.

Эксперименталдык шартта жылуулук алып жүрүүчүнүн (суу), толук бир циклдагы температурасынын жогорулоосу  $10^{\circ}\text{C}$  га чейин жетет. Ошентип, сунушталган ыкманы колдонуу менен өнөр жайлык масштабда суюктуктун (суунун) ички энергиясын жылуулукка өзгөртүп пайдалансак болот.

Жылуулук генератору бир нече артыкчылыктарга ээ (3.1де каралган).

Ошентип, ККТ үйлөрдү, имараттарды, мекемелерди, айыл-чарбасын жылуу суу менен камсыздоодо пайдаланса болот. ККТ бири-бирин толуктаган эки модулдан турат: биринчи модуль күн энергиясын пайдаланат; экинчи

модуль кавитация эффектнин негизинде иштейт. Эки модуль тең өз алдынча да биргеликте да иштей алат, бир бүтүн конструкция катары жасалган.



4.3-сүрөт – Күн-кавитациялык түзүлүшү (ККТ).

1 – Кавитациялык 2-модуль –кавитациялык жылуулук генератору; 2 – жылуу суу менен камсыздоочу контур; 3 – суу насосу; 4 - бак- аккумулятор; 5 – жылуу суу алуучу патрубк; 6 – башкаруучу кран; 7 – күн суу жылытуучу коллектор – 1-модуль; 8 – муздак суу айдоочу контур; 9 – активатор; 10 – кавитатор (Лавалья түтүгү); 11 – жылытуу радиатору.

#### 4.6 Суу-эмульсиялык күйүүчү аралашманы пайдалануудагы техника-экономикалык эффективдүүлүк

СЭКА алуунун эффективдүүлүгү чыгым менен кызыгуучулардын колдонуу натыйжалуулугунун катыштары менен мүнөздөлөт.

СЭКАнын түрдүү технологияларын салыштыруу жана жакшысын тандоо, дисконтирлөө жардамында жүргүзүлөт [48,54]. Практикада инвестициялык талдоодо дисконттук усулдар жана аларга тиешелүү көрсөткүчтөрдүн тизмеги басымдуулук кылат.

Дисконттук ыкмалар негизинен түрдүү мезгилдерде төлөөгө келтирүү (дисконттоого) жана кээ бир фиксирленген убакыт  $\tau_0$  учурларындагы түшүүлөргө (келечектеги баалары) негизделген. Келтирилген куралы (КК) болуп дисконт нормасы  $E$ , ошондой эле талап кылынган деңгээлдеги (ченемдеги) кирешелүүлүк, салыштыруу ченеми же "барьердик" ченем саналат[98]. Белгилүү мезгил үчүн бөлүнгөн инвестицияланган капиталдын процентин кайтаруу инвестор үчүн алгылыктуубу, мына ушуну өзүнчө элестетип көрсөтөт.

$$D' = 1 / (1+E)^{\tau}. \quad (4.3)$$

Таза дисконттук кирешени (ТДК) таза абсолюттук натыйжа же алып келинген продукцияны сатуудагы таза кайтарымы (пайдасы) мүнөздөйт.

$$\Theta_D = \sum_{\tau=0}^{\tau_0} (O_{p\tau} - I_{\tau}^1 - H_{\tau} - K_{\tau} + K_{лик\tau})(1+E)^{-\tau}, \quad (4.4)$$

мында  $O_{p\tau}$  – продукцияларды сатуу көлөмү, сом.;

$I_{\tau}^1$  – эксплуатациялык чыгымдардын суммасы, сом.;

$H_{\tau}$  - пайда салыгы, сом.;

$K_{\tau}$  - жылдык инвестициясы  $\tau$ , сом.;

$K_{лик\tau}$  – негизги фонддун ликвиддик баасы, сом.;

$E$  - дисконттоо чени.

Жөнөкөйдөн айырмаланып дисконттоонун өзүн актоо мөөнөтү, келип түшүүлөрдүн түрдүү мезгилдүүлүгүн жана чыгашаларды жана пайыз салынган капитал маанисин эске алат

$$\sum_{\tau=0}^{\tau_0} (O_{p\tau} - I_{\tau}^1 - H_{\tau} - K_{\tau} + K_{лик\tau})(1+E)^{-\tau} = 0. \quad (4.5)$$

Кирешенин ички ченеми (КИЧ)  $E_{ВН}$  эсептелинген пайыздык чен деп аталып, келтирилген инвестиция жана сарпталган капиталдардын суммасына барабар болуп, чыгымын актап, таза акчалай түшүүлөр түрүндөгү, дайыма алынуучу дисконттоо кирешени капиталдаштыруу болуп саналат.

Алып келинүүчү продукциянын бир канча варианттары болсо, анда КИЧ кыйла жогору болгондорго артыкчылык берилет.

$$\sum_{t=0}^{T_0} (O_{p_t} - I_t^1 - H_t - K_t + K_{лик_t})(1 + E_{BH})^{-t} = 0. \quad (4.6)$$

Кирешелүүлүк индекси (КИ) (рентабелдүүлүк) келтирилген таза түшүүлөрдүн суммаларынын, ошол эле күндөгү инвестициялык чыгымдарына болгон катышын көрсөтөт:

$$КИ = \frac{\sum_{t=0}^{T_0} (O_{p_t} - I_t^1 - H_t - K_t + K_{лик_t})(1 + E_{BH})^{-t}}{\sum_{t=0}^{T_0} K_t (1 + E_{BH})^{-t}}. \quad (4.7)$$

КК нын финансылык келечегине алгылыктуу көз карашта караганда, КИ мааниси, бирдикке чоңдук кылат.

СЭКА долбоорунун эффективдүүлүгү конкреттүү шарттардан жана аны ишке ашыруудан көз каранды. Алсак, мисалы, от казандарына колдонулуучу күйүүчү заттардын ордуна СЭКАды алмаштыруу менен модернизациялоодо финансылык ыңгайлуулугу жоктой болгону менен, иш жүзүндө алынган натыйжалар башка жыйынтык көрсөтүп турат [77].

Ош шаарында жалпы майда буу (от) казандардын саны болжол менен 100 бирдик. Алардын көпчүлүгү начар абалда. Бул майда буу казандарын текшерүүдөн соң (2014-ж.), алардын көпчүлүгүнүн п.а.к. 45 – 50% тен ашпаары аныкталды.

Буу казандарын СЭКАга которуу менен модернизациялоодо суюк эмульсиялык күйүүчү заттын күйүүсүндө п.а.к. 99 % түзөт, абдан ыссыган газ буу казанына түшөт, мындай варианттагы модернизациялоодо буу казаны-утилизатор болуп калат [29]. Буу казанынын жалпы п.а.к. 80 ÷ 85%ке жетет. Күйүүчү затты үнөмдөө, болжолдуу 50 %ти түзөт.

Практикада, жогоруда айтылгандардын эффективдүүлүгү Кытайда жана башка мамлекеттерде далилденген. Эгерде биз күйүүчү заттарды СЭКА менен алмаштырсак, экономикалык натыйжа ачык эле көрүнөт [22]. Төмөндө, таблицанда СЭКАнын өздүк наркы келтирилген.

4.8 – таблица. СЭКАнын өздүк наркынын структурасы

Чыгымдар	Буу казанындагы күйгүзүлгөн заттардын өздүк наркы			
	Өздүк буу казанында		Ташып баргандагы	
	сом./кг	%	сом./кг	%
Баштапкы сырьенун баасы	42,5	59,8	42,5	61,7
Даярдоонун өздүк наркы	17,5	30,9	17,5	31,9
Жүктөп жеткирүү жана күйгүзүү	0,9	0,8	11,3	9,3
Жол чыгымдары	-	-	6,6	5,6
Жалпы:	60,9	100	77,9	100

Ош шаарынын шартындагы (2014-ж.) эсептөөлөрдөн, «Жылуулулук электрдик борборунда» буу казанындагы өндүрүмдүүлүк 10 миң тонна/жылына болсо, мазутту СЭКА менен алмаштырганда 3 – 5 миң тонна/жылына экономдолуп, 1 т.м.о. 1355 сом (мазуттун баасы 3000сом/т) экономдолот жана буу казандарынын чыгымдарын актоосу 1,5 жылдан ашпайт.

Эгерде өндүрүшкө пайдалануучу күйүүчү заттар өздөрүндө болуп жана ошол эле жерде СЭКАлар даярдалса, анда техника-экономикалык эсептөө эффективдүүлүгү кыйла жөнөкөйлөйт.

Ош шаарындагы «Жылуулулук камсыздоо» Муниципалдык ишканасынын өзүн-өзү актоо мөөнөтүн модернизациялоосун эсептөө келтирилген (2014-ж.) жана төмөнкүдөй композициялар каралды: - СЭКА "А" (мазут 0,7; суу 0,3); - СЭКА "Б" (мазут 0,5; суу, 0,5).



4.9-таблица. Күйүүчү заттардын техникалык, экономикалык мүнөздөмөлөрү

№	Күйүүчү заттын компоненттери жана мүнөздөмөлөрү	Мазут	СЭКА «А»	СЭКА «Б»
1	Мазут, нефть, нефти чыгындылары	1,0	0,7	0,5
2	Суу кг/кг	-	0,3	0,5
3	Калориясы, ккал/кг	9500	7827	5652
4	Өздүк наркы, дол./т	80	56	40
5	Ушул күйүүчү заттагы 1 Гкал жылуулуктун өздүк наркы, дол./Гкал	8,42	6,98	5,73
6	1 Гкал жылуулукту алуудагы мазуттун үнөмдөлүшү, дол./Гкал	-	1,44	2,69

Жабдуулардын наркы, СЭКАны өндүрүүчү цехти куруу чыгымы жана өзүн актоосу эсептелди.

$$\tau_{ок.п} = \frac{K}{P_q + I_A}, \quad (4.8)$$

мында K - капитал сарпталуусу, сом;

$P_q$  - өндүрүштүн таза кирешеси, сом;

$I_A$  - амортизациялык чегерүүлөр, сом.

Өндүрүштүн кубаттуулугунун өзгөрүшүн канчалык эске албайлы, бул учурда таза киреше модернизациялоо эсебинен экономдоого барабар болот, ал эми амортизациялык чегерүүлөр болбойт. Анда:

$$\tau_{ок.п} = \frac{K}{\mathcal{E}}, \quad (4.9)$$

жана СЭКА «А» үчүн,  $\tau_{ок.п} = 117$  сутка;

СЭКА «Б» үчүн,  $\tau_{ок.п} = 74$  сутканы түзөт.

Мына ошентип, жөнөкөйлөтүп эсептөөлөр жыйынтыгы, эсептөөбүздүн жогорку рентабелдүү экендигин көрсөтөт.

Бардык инновациялык эсептөөлөр Ош шаары үчүн каралды (2014-ж.).

Эсептөөлөрдө СЭКАнын компоненттеринин наркы:

- нефть (мазут) ..... 3000 сом./т;
- суу ..... 100 сом./т;
- СЭКАны даярдоодогу электр энергиясынын чыгымы 10–12 кВт·саат/т;
- Электр энергиясынын наркы 1,5 сом/квт·саат.

Өндүрүштүн негизи болгон технологиялык модулдардын өндүрүмдүүлүгү  $10 \div 12$  т/саат. Модулдардын автоматташтырылгандагы толук наркы 7 528788 сомду түзөт.

Төмөндө, 4.10-таблицада СЭКАнын мазут менен салыштырылып эсептелген жөндөмдүүлүктөрү келтирилди.

4.10 - таблица. СЭКАнын мазут менен салыштырылып эсептелген жөндөмдүүлүгү.

№	Аталышы	Көрсөткүчү
1	<b>МАЗУТ</b>	
1.1	Мазуттун наркы, сом./т	3000
1.2	Мазуттун калориясы, ккал/кг	9500
1.3	СЭКАга кошулган, калориясы эске алынган мазуттун наркы ( $K = 3$ ), сом./т	1270
2.	<b>СЭКА</b>	
2.1	1т СЭКАнын өздүк наркы, сом.	894
2.2	СЭКАнын калориясы, ккал/кг	3430
2.3	Калориясы боюнча барабар болгон, 1 тонна СЭКАны колдонуудагы экономдоо, сом./т	376

Сатып алуучу жана өндүрүүчү ортосунда үнөмдөөнү бирдей үлүштө бөлүштүрөбүз. Анда, 1 тонна СЭКА нын базар басы:

$$Ц_{ВЭТИ} = Ц_t + Э/2 = 894 + 376/2 = 1082 \text{ сом/т.}$$

Эсептөөнүн эффективдүүлүгүн баалоо көрсөткүчү:

– Таза киреше:

$$П_ч = O_p - И - Н = 216400000 - 178724000 - 5086260 = 32589740 \text{ сом/жыл.}$$

– Өзүн актоо мезгили:

$$\tau_{ок.н} = \frac{K}{P_q + I_{AM}} = \frac{82675503}{32589740 + 8508000} = 2,01 \text{ жыл.}$$

– 10 жыл аралыгындагы таза дисконттолгон киреше:

$$\mathcal{E}_D = (P_q + I_{AM}) D_S - K = (32589740 + 8508000) 4,83 - 82675503 = 115826581 \text{ сом.},$$

мында  $D_S = [1 - 1/(1 + E)^{10}] \cdot E^{-1} = [1 - 1/(1+0,16)^{10}] 0,16^{-1} = 4,83$ .

– Дисконттук өзүн актоо мезгили

$$\tau_{ок.} = \frac{-\ln(1 - \tau_{ок.н} \cdot E)}{\ln(1 + E)} = \frac{-\ln(1 - 2,01 \cdot 0,16)}{\ln(1 + 0,16)} = 2,6 \text{ жыл}$$

– Кирешелүүлүк индекси

$$KI = \frac{\mathcal{E}_D + K}{K} = \frac{115826581 + 82675503}{82675503} = 2,4 \frac{\text{сом}}{\text{сом}}$$

Ошентип, бардык каралган учурларда СЭКАны пайдалануунун эффективдүүлүгү – жылуулук энергетикасында жетишээрлик жогору.

Күйүүчү затты түзгөн курамынын наркы объекттин жайгашуу ордунан жана сырьёнун баасынан көз каранды.

Күйүүчү заттын курамынын наркын эсептөөдө, күйгүзүү мезгилинде мазуттук буу казандарында мазуттук идиштерде жана трубаөткөргүчтөрдө жылуулук системасын кармап туруу үчүн 20% га чейин мазут пайдаланылары эске алынды (пайдалануу коэффициенти - 80%).

## ДИССЕРТАЦИЯЛЫК ЖУМУШТУН НЕГИЗГИ ЖЫЙЫНТЫКТАРЫ

1. Лаваля түтүгү тибиндеги энсиз каналда, СЭКАнын гидродинамикалык кавитацияланган агымынын көлөмүндө, электрофизикалык процесстерин камсыздаган электр заряддары калыптанат. СЭКАнын агымында электр заряддарынын жана чоң керүүчү чыңалуунун жашоо шарты, жетиштүү интенсивдүүлүктөгү жарык нурданууларынын пайда болуусунун себеби болот. Ошондуктан, кавитация эффекти жана электромагниттик талаа СЭКАны алуу технологиясына жана физика-технологиялык касиеттерине таасирин тийгизет.

2. СЭКАнын техника-технологиялык мүнөздөмөлөрүнөн, эмульсияны алууда белгилүү усулдарга салыштырмалуу гидродинамикалык технологияларынын жогорку энергетикалык эффективдүүлүктө экендигин, бул ыкма өндүрүштө колдонууга ыңгайлуулугун сунуштайт. СЭКАнын структуралык түзүлүшүнүн эң жакшы жыйынтыгы, эмульсиянын температурасынын  $35-42^{\circ}\text{C}$  диапазонунда алынат. Андан жогору болгон,  $45-55^{\circ}\text{C}$  температураларында структуралык түзүлүшкө келүү убактысы кескин жогорулайт, ал эми  $60^{\circ}\text{C}$  дан жогорку температураларда такыр орун албайт.

3. Күйүүгө катализатор катары аз кубаттуулуктагы, күчтүү электрдик жана магниттик талааларды колдонуу, күйүү процессинин экологиялык көрсөткүчтөрүн жогорулатат. Жаңы типтеги кавитациялык түзүлүш (КТ), түзүлүштүн жылуулук трассасы болгон труба өткөргүчүндө орун алган кавитация эффектинин негизинде иштейт. КТ үйлөрдү, имараттарды, өндүрүштү жана айыл чарбасын жылуу суу менен камсыздоодо колдонулат.

4. Суюк фазалуу продукталарды активдештирүүгө байланышкан гидроурунуу технологиясын колдонуу менен суюктукту иштетүүдөгү зыянсыздандырууда жана бактерицидтик таасирде технологиялык чөйрөнүн функционалдык активдүүлүгүнүн жогорулашы; сууда стерилизация эффектинин сакталышы ж.б. маселелердин комплексин чечүүгө болот.

5. Кавитатор аркылуу өткөрүлгөн суу, электр тогунун булагы болуп калат, б.а. кавитациялык-иштетилген суу, электр энергиясынын аккумулятору болуп саналат.

## ПАЙДАЛАНЫЛГАН АДАБИЯТТАРДЫН ТИЗМЕСИ

1. **Абдалиев, У.К.** Создание солнечно-кавитационного устройства на основе использования солнечных лучей и эффекта кавитации [Текст] / У.К. Абдалиев, Ы. Ташполотов // Вестник, ЮО НАН КР г.Ош 2013. – №1. – С. 35-42.
2. **Абдалиев, У.К.** Процесс горения вододисперсионного топлива [Текст] / У.К. Абдалиев // Вестник, ОшГУ. – г.Ош, 2014. – №2. – С.183-185.
3. **Абдалиев, У.К.** Физико-технические свойства ВЭТ, полученные на основе эффекта кавитации [Текст] / У.К. Абдалиев // Наука, образование, техника. ОшМСУ. – г.Ош, 2014. – №2 (48). – С. 24-29.
4. **Абдалиев, У.К.** Особенности электризации воды в процессе кавитации [Текст] / У.К. Абдалиев // Вестник, ОшГУ. – г.Ош, 2014. – №2. – С. 180-183.
5. **Абдалиев, У.К.** Обеззараживание воды с использованием электрического поля [Текст] / У.К. Абдалиев, Ы. Ташполотов, Б. Акматов // Наука, образование, техника. – КУУ. – г.Ош, 2012. – №1,2. – С.115-117.
6. **Адамсон, А.** Физическая химия поверхностей [Текст] / А. Адамсон // Пер. с англ. – М.: Мир, 1979. – 568 с.
7. **Андерсон, Б.С.** Солнечная энергия (основы строительного проектирования) [Текст] / Б.С. Андерсон // М.: Стройиздат, 1982. – 374 с.
8. **Арабаджи, В.** Загадки простой воды [Электронный ресурс] / В. Арабаджи // [www.gumer.info/bibliotek\\_Buks/Science/arab/01.php](http://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Science/arab/01.php)
9. **Арансон, И.С.** Активные коллоиды [Текст] / И.С. Арансон / Успехи физических наук, 2013. – том 183, №1. – С. 87-102.
10. **Арзиев, Ж.** Физико-технические основы получения вододисперсионного топлива [Текст] / Ж. Арзиев, Ы. Ташполотов, У.К. Абдалиев // Вестник, ОшГУ. – г.Ош, 2014. – №3. – С. 113-117.
11. **Базаров, И.П.** Термодинамика [Текст] / И.П. Базаров / М.: Высшая школа. – 1991. – 376 с.

12. **Баканов, К.Т.** Технологическая схема очистки высококонцентрированных сточных вод [Информ. листок об НТД 5–89.] / К.Т. Баканов // Фрунзе: КиргизНИИНТИ, 1989.
13. **Батмангхелидж, Ф.** Вода для здоровья [Текст] / Ф. Батмангхелидж // Минск: Попурри, 2004. – 82 с.
14. **Бахир, В.М.** Электрохимическая активация: Изобретения, техника, технология [Текст] / В.М. Бахир // М., 2014. – 500 с.
15. **Бахир, В.М.** Теоретические аспекты электрохимической активации [Текст] / В.М. Бахир // Второй международный симпозиум. Электрохимическая активация. – Тез. докладов и краткие сообщения. ч.1. – 1999. – С.39-49.
16. **Белоусов, В.Н.** Топливо и теория горения. Часть I. Топливо [Техт] / В.Н. Белоусов, С.Н. Смородин, О.С. Смирнова / СПбГТУРП. – 2011. – 84 с.
17. **Белоусов, В.Н.** Топливо и теория горения. Часть II. Теория горения [Техт] / В.Н. Белоусов, С.Н. Смородин, О.С. Смирнова / СПбГТУРП. – 2011. – 142 с.
18. **Беляев, А.Ф.** Горение, детонация и работа взрыва конденсированных систем, [Текст] / А.Ф. Беляев // М.: Наука, 1968. – 255 с.
19. **Блинов, Е.А.** Топливо и теория горения. Раздел: подготовка и сжигание топлива [Техт] / Е.А. Блинов / СПб.: Изд. СЗГУ. – 2007. – 119 с.
- 20 **Бирюков, Д.А.** Электризация жидкости при сонолюминесценции [Текст] / Д.А. Бирюков, Д.Н. Герасимов, О.А. Синкевич // Письма в ЖТФ, 2014. – т.40, вып.3. – С. 90-93.
21. **Борисенко, А.А.** Установакa для приготування бітумних емульсій [Текст] / А. А. Борисенко, К. В. Бауман, І. В. Коц // Пат. 37338 Україна, МПК<sub>8</sub> E01C 19/00 № u200807653; заявл. 04.06.08; опубл. 25.11.08, Бюл. № 22.
22. **Ведрученко, В.Р.** Влияние химико-кинетических факторов на экологические показатели котельной установки при сжигании мазута и водомазутной эмульсии [Текст] / В.Р. Ведрученко, В.В. Крайнов, А.В. Казимиров // Омск. науч. вестн. – 2003. – Вып.1(22). – С. 27-30.

23. **Галкин, А.А.** Вода в суб- и сверхкритическом состояниях- универсальная среда для осуществления химических реакций [Текст] / А.А. Галкин, В.В. Лунин // Успехи химии, 2005. – т. 74, вып. 1. – С. 24-40.
24. **Ганигин, С.Ю.** Оптимизация компонентного состава водотопливной эмульсии и динамика систем подготовки непрерывного действия [Текст] / С.Ю. Ганигин // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки, 2005. – вып. 38. – С. 131-136.
25. **Гегузин, Я.Л.** Капля [Текст] / Я.Л. Гегузин // М.: Наука, 1973.-160с.
26. **Герасименко, Н.Н.** Кремний – материал нанoeлектроники. [Текст] / Н.Н. Герасименко, Ю.Н. Пархоменко // М.: Техносфера, 2007. – 352 с.
27. **Гиббс, Дж.В.** Термодинамика. Статистическая механика. [Текст] / Дж.В. Гиббс // М.: Наука, 1982. – 484 с.
28. **Говердовский, А.А.** О перспективах термоядерной энергетики на основе кавитации пузырей [Текст] / А.А. Говердовский, З.С. Имшенник, В.П. Смирнов / УФН, 2013. – т.183. – С. 445-448.
29. **Голубь, Н.В.** Эффективность сжигания водомазутной эмульсии на промышленных ТЭЦ [Текст] автореф. дис. канд. техн. наук / Н.В. Голубь // Саратов. политехн. ин-т. – Саратов, 1985. – 18 с.
30. **Даффи, Дж.А.** Тепловые процессы с использованием солнечной энергии [Текст] / Дж.А. Даффи, У.А. Бекман // М.: Мир, 1986. – 412 с.
31. **Дерягин, Б.В.** Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок [Текст] / Б.В. Дерягин // М.: Наука, 1986. – 206 с.
32. **Душкин, А.Л.** [Электронный ресурс] / А.Л. Душкин, Ю.И. Краснов, Л.В. Ларионов, В.Л. Петухов // [ntpo.com/patents\\_heat/heat\\_5/heat\\_10.shtml](http://ntpo.com/patents_heat/heat_5/heat_10.shtml).
33. **Ефремов, И.Ф.** Периодические коллоидные структуры. [Текст] / И.Ф. Ефремов – Л.: Химия, 1971. – 192 с.
34. **Зандберг, Э.Я.** Поверхностная ионизация [Текст] / Э.Я. Зандберг, Н.И. Ионов // М.: Наука, 1967. – 431 с.

35. **Зенин, С.В.** Исследование структуры воды методом протонного магнитного резонанса [Текст] / С.В. Зенин // Докл. РАН, 1993. – Т.332, №3. – С. 328.
36. **Зенин, С.В.** Гидрофобная модель структуры ассоциатов молекул воды [Текст] / С.В. Зенин, Б.В. Тяглов // Журн. физ. Химии, 1994. – Т.68, №4. – С. 636.
37. **Зенин, С.В.** Природа гидрофобного взаимодействия. Возникновение ориентационных полей в водных растворах [Текст] // С.В. Зенин, Б.В. Тяглов // Журн. физ. Химии, 1994. – Т. 68, №3.– С.500.
38. **Зенин, С.В.** Экспериментальное доказательство фракций воды [Текст] / С.В. Зенин, Б.М. Полануер, Б.В. Тяглов // Журн. «Гомеопатическая медицина и акупунктура», 1998. – №2. – С.41.
39. **Иваницкий, Г.Р.** Может ли существовать долговременная структурно-динамическая память воды [Текст] / Г.Р. Иваницкий, А.А. Деев, Е.П. Хижняк // Успехи физических наук, 2014. – т.184, №1. – С. 43-74.
40. **Иванов, А.Н.** Гидродинамика развитых кавитационных течений [Техт] / А.Н. Иванов / Издательство: Судостроение – 1980. – 240 с.
41. **Иванов, В.М.** Топливные эмульсии [Текст] / В.М. Иванов // М., 1962.– 407 с.
42. **Ивченко, В.М.** Кавитационная технология [Текст] / В.М. Ивченко, В.А. Кулагин, А.Ф. Немчин // Под ред. Г.В. Логвиновича. – Красноярск: Изд-во КГУ, 1990. – 200 с.
43. **Идельчик, И.Е.** Справочник по гидравлическим сопротивлениям [Текст] / И.Е. Идельчик // Под ред. М.О. Штейнберга. — 3-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1992. — 672 с.
44. **Иевлев, В.М.** Численное моделирование турбулентных течений [Техт] / В.М. Иевлев / Издательство: Наука. – 1990. – 216 с.
45. **Калицун, В.И.** Основы гидравлики и аэродинамики [Текст] / В.И. Калицун, Е.В. Дроздов // М.: Стройиздат, 1980. – 247 с.



46. **Когановский, А.М.** Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении [Текст] / А.М. Когановский, И.А. Клименко, Т.М. Левченко и др. // М.: Химия, 1983. – 287 с.

47. **Козлов, Г.В.** Структура и свойства дисперсно-наполненных полимерных композитов: фрактальный анализ [Текст] / Г.В. Козлов, Ю.Г. Яновский, Ю.Н. Карнет // М.: Альянстрансатом, 2008. – 363 с.

48. **Кормилицын, В.И.** Экономичность работы парового котла при управлении процессом сжигания топлива вводом влаги в зону горения [Текст] / В.И. Кормилицын, М.Г. Лысков. Ю.М. Третьяков // Теплоэнергетика. – 1988. – №8. – С. 13-15.

49. **Корнев, Я.И.** Влияние распределения электрических полей в реакторе на эффективность электроразрядной обработки воды. [Текст] / Я.И. Корнев , Ю.Н. Исаев, В.Я. Ушаков, М.Б. Хаскельберг, Н.А. Яворовский, В.А. Колчанова / Известия высших учебных заведений. – Физика, 2004. – №10. – С. 89-96.

50. **Корягин, В.А.** Сжигание водотопливных эмульсий и снижение вредных выбросов [Текст] / В.А. Корягин // С-П.:Недра, 1995.– 304 с.

51. **Котов, Ю.А.** Порошковые нанотехнологий для создания функциональных материалов и устройств электрохимической энергетики [Текст] / Ю.А. Котов, В. В. Иванов // Вестник РАН, 2008. – том 78, №9 – С. 777-791.

52. **Кнэпп, Р.** Кавитация [Текст] / Р.Кнэпп, Д.Ж. Дэйли, Ф. Хэммит // Пер. с англ. – М.: Мир, 1974.– 687 с.

53. **Кройт, Г.Р.** Наука о коллоидах [Текст] / Г.Р. Кройт// М.: Изд-во иностр. лит., 1955. – Т.1. – 538 с.

54. **Крутов, В.И.** Методические указания по расчету горения газообразного топлива [Техт] / В.И. Крутов / Алматы: Минвуз Казахской ССР. – 1983. – 32 с.

55. **Кулагин, В.А.** Методы и средства технологической обработки многокомпонентных сред с использованием эффектов кавитации [Текст] Дис. доктора тех. наук: 01.04.11, 01.02.05 / В. А. Кулагин // Красноярск, 2004. – 299с.

56. **Курик, М.В.** Триединство воды [Текст] / М.В. Курик , А.М. Курик // Квантовая магия, 2005. – т. 2, вып. 1. – С.1166-1175.

57. **Курнос, Н.Е.** Экспериментальные исследования гидродинамической кавитационной очистки поверхностей деталей от масляных загрязнений [Текст] / Н.Е. Курнос, К.В. Лебединский // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2012. – № 2 (22). – С. 117–125.

58. **Лебедев, О.Н.** Водотопливные эмульсии в судовых дизелях [Текст] / О.Н. Лебедев, В.А. Сомов, В.Д. Сисин // Л.:Судостроение, 1988. – 105 с.

59. **Леонтович, М.А.** Введение в термодинамику. Статистическая физика [Текст] / М.А. Леонтович / М.: Наука. – 1983. – 416 с.

60. **Маргулис, М.А.** Механизм свечения и электризации жидкостей при течении в узких каналах [Текст] / М.А. Маргулис, В.Н. Пильгунов / ПЖТФ, 2010. – т.2, №1(36)

61. **Мишукова, Б.Г.** Методы и сооружения для очистки и доочистки сточных вод и систем водопользования: Межвуз. темат. сб.тр. / Под ред. Б.Г. Мишукова// Л.: ЛИСИ, 1988. – 131 с.

62. **Онищенко, Г.Г.** Вода и здоровье [Текст] / Г.Г. Онищенко // Экология и жизнь. – 1999. – №4. – С. 25-28.

63. **Павлушенко, И.С.** Величина поверхности раздела фаз при механическом перемешивании взаимонерастворимых жидкостей [Текст] / И.С. Павлушенко, А.В. Янишевский // Журнал прикл. химии, 1959. – №7.

64. **Панкратьева, И.Л.** Электризация слабопроводящих многокомпонентных жидкостей при ламинарном течении в плоском канале [Электронный ресурс] / И.Л. Панкратьева, В.А. Полянский // [www.chemphys.edu.ru/pdf/2006-05-11-001.pdf](http://www.chemphys.edu.ru/pdf/2006-05-11-001.pdf)

65. **Поляков, М.** Сверхкритические среды: растворители для экологически чистой химии [Текст] / М. Поляков, В.Н. Баграташвили // Журн. Рос. Хим. О-ва им.Д.И.Менделеева, 1999. – Т.43, №2.

66. **Потапов, Ю.С.** Вихревая энергетика и холодный ядерный синтез с позиции теории движения [Текст] / Ю.С. Потапов, Л.П. Фоминский // Изд-во «ОКО-Плюс», Кишинев-Черкассы, 2000. –160 с.

67. **Потапов, Ю.С.** Энергия вращения [Текст] / Ю.С. Потапов, Л.П. Фоминский, С.Ю. Потапов // М.: Энергоатомиздат, 1984. – 280 с.

68. **Пригожин, И.** От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках [Текст] / И. Пригожин // Перевод с англ./Изд.3-е/ Синергетика: от прошлого к будущему. – М.: Комкнига, 2006. – 296 с.

69. **Прилуцкий, В.И.** Электрохимически активированная вода: аномальные свойства, механизм биологического действия [Текст] / В.И. Прилуцкий, В.М. Бахир // М. 1995. – 175с.

70. **Промэнергетика**, N1, 1987.

71. **Радовський, Б.С.** Дисперсність емульсії при гідродинамічному проточно-кавітаційному способі її отримання [Текст] / Б.С. Радовський, В.В. Мозговий, І.П. Гамеляк // Автомоб. дороги і дор. буд-во. – 1997. – Вип. 54. – С. 115-119.

72. **Ребиндер, П.А.** Физико-химическая механика дисперсных структур [Текст] / П.А. Ребиндер // М.:Наука, 1978. – 205 с.

73. **Редкина, Н.И.** Механохимия и технологические свойства водных эмульсий высоковязких нефтепродуктов [Текст] / Н.И. Редкина, Г.С. Ходаков // Теоретические основы химической технологии. – 2002. – том 36, №4. – С. 433-438.

74. **Ривкин, С.Л.** Термодинамические свойства воды и водяного пара: Справочник [Текст] / С.Л. Ривкин, А.А. Александров // Рек. Гос. Службой стандартных справочных данных – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 80 с.

75. **Салем, Р.Р.** Теория двойного слоя [Текст] / Р.Р. Салем // М.: Физматлит, 2003. – 104 с.

76. **Сартбаев, М.К.** Безотходное использование стоков и осадков водоочистных устройств в сельском хозяйстве [Текст] / М.К. Сартбаев, К.Т. Баканов // Бишкек: КыргызНИИНТИ, 1991. – 98 с.

77. **Сотникова, О.А.** Повышение экономичности отопительных котлов систем автономного теплоснабжения при работе на водомазутных эмульсиях [Текст] / О.А. Сотникова, Т.М. Воронкова, Е.Е. Шкатов // Инж. системы и сооруж. – 2010. – N 2. – С. 17-27.

78. **Спейшер, В.А.** Повышение эффективности использования газа и мазута в энергетических установках [Текст] / В.А. Спейшер, А.Д. Горбаненко // М., 1991. – 120 с.

79. **Суздаев, И.П.** Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст] / И.П. Суздаев // М.: КомКнига, 2006. – 592 с. (Синергетика от прошлого к будущему).

80. **Сычев, В.В.** Дифференциальные уравнения термодинамики. [Текст] / В.В. Сычев // Том 1 и 2. – М.: Наука, 1981. – Т.1-193 с.; т.2-203 с.

81. **Ташполотов, Ы.** Водоземulsionное топливо: условия получения, особенности и свойства [Текст] / Ы. Ташполотов, У.К. Абдалиев, А. Ысламидинов, У. Матмусаев // Наука и новые технологии. – Бишкек, 2013. – №2. – С. 11-17.

82. **Ташполотов, Ы.** Обеззараживание сточных вод с использованием электрического поля и эффекта кавитации [Текст] / Ы. Ташполотов, У.К. Абдалиев, Б. Акматов, Э. Садыков // Наука в эпоху дисбалансов, Киев 2014. – 3 часть – С. 13-19.

83. **Ташполотов, Ы.** Получение суспензий низкоразмерных порошков угля с помощью метода гидроударного фракционирования [Текст] / Ы. Ташполотов, Н.Т. Жогаштиев, У.К. Абдалиев // Вестник, ЮО НАН КР. – г.Ош, 2013. – №1. – С. 46-49.

84. **Ташполотов, Ы.** Термодинамические основы получения тепла с использованием водо-пузырьковой смеси на основе гидродинамической

кавитации [Текст] / Ы. Ташполотов, У.К. Абдалиев, А. Ысламидинов // Новости науки Казахстана. – Алматы, 2014 – №2(120). – С. 171-180.

85. **Томм, И.Е.** Основы теории электричества [Текст] / И.Е. Томм // М.: Наука, 1961. – 326 с.

86. **Френкель, Я.И.** Кинетическая теория жидкостей. [Текст] / Я.И. Френкель // М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1945. – 424 с.

87. **Фрумкин, А.Н.** [Текст] / А.Н. Фрумкин // Сб.работ физ.хим.ин-та им Л.Я.Карпова, 1924. – вып.2. – С. 1060.

88. **Фрумкин, А.Н.** [Текст] / А.Н. Фрумкин, Х.А. Иофа, В. Герович // ЖФХ, 1956. – т. 30. – С.1455.

89. **Харченко, Н.В.** Индивидуальные солнечные установки [Текст] / Н.В. Харченко // М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.

90. **Цивинский, С.В.** Патент на изобретение РФ №2162990, от 06.07.2000г, класс 7 F24D 11/00.

91. **Шаубергер, В.** Энергия воды [Текст] / В.Шаубергер // М.: Яуза, Эксмо, 2007. – 320с.

92. **Шустикова, А.А.** Наноструктурные материалы [Текст] / Перевод. с англ. А.А.Шустикова. Под.ред. Р.Ханника, А.Хилл // М.:Техносфера, 2009. – 488 с.

93. **Щинников, П.А.** Перспективные ТЭС [Текст] / П.А. Щинников // Особенности и результаты исследования: монография. – Новосибирск: НГТУ, 2007. – 284 с.

94. **Эйзенберг, Д.** Структура и свойства воды [Текст] / Д.Эйзенберг, В.Кацман // Перев. с англ. А.К. Шемелина.– Ленинград: Гидрометериздат, 1975. – 280 с.

95. **Эйнштейн, А.** Физика и реальность [Текст] / А. Эйнштейн // М.Наука, 1965. – 359 с.

96. **Эрден-Груз, Т.** Явления переноса в водных растворах. [Текст] / Т. Эрден-Груз // М.: Мир, 1976. – 592 с.

97. **Koldomasov, A.I.** Plazmennoe obrazovanie v kaviruiushchei dielektricheskoi zhidkosti [Text] / A.I. Koldomasov // Zhurnal tehniko-fiziki, 1991. – vol.61, no2. – pp188-190.

98. **Lenard, A.** [Text] / A. Lenard // Wied. Ann. 1892. – V.46. – P.584

99. **Mc Taggari, N.** [Text] / N. Mc Taggari // Phil.Mag.1914. – V. 27. – P. 287.

100. **Peterson, F.** Light emission from hydrodynamic cavitation [Электронный ресурс] / F. Peterson // Ph. D.Thesis. Northwestern University, 1966 – [www/tehnomag.bmstu.ru/doc/535547.html](http://www.tehnomag.bmstu.ru/doc/535547.html)

101. **Taleyarkhan, R.** Evidence for Nuclear Emissions During Acoustic Cavitation [Text] / R. Taleyarkhan, C. West, J. Cho, R. Lahey, R. Nigmatulin, R. Blosk // Science, 295 (5561), 1868-1873. – 2002.

# ТИРКЕМЕЛЕР

## Тиркеме 1.

ИСХОДЯЩИЙ № 17/01-104  
31.10.2014.

«УТВЕРЖДАЮ»  
Директор ТЭЦ г.Ош  
Аттокуров А.А.  
«31» 10 2014г.



### АКТ о внедрении технологии получения горячей воды на основе эффекта кавитации в ТЭЦ г.Ош.

**1. Объект внедрения.** Технология получения горячей воды на основе эффекта кавитации разработана в Институте природных ресурсов им. А.С.Джаманбаева Южного отделения НАН КР. Особенностью данной технологии является то, что разработанная технологическая схема получения горячей воды основывается на экспериментальные и теоретические данные по получению горячей воды на основе эффекта кавитации.

Эффективность технологии заключается в получения горячей воды на основе эффекта кавитации, что способствует к энерго- и ресурсосбережению, так как, позволяет экономит топлива и уменьшить экологической нагрузки окружающей среде.

**2. Целью проведения** опытно-внедренческих работ является оценка эффективности разработанной технологии получения горячей воды на основе кавитации и обеспечение экологической чистоты окружающей среды.

#### **3. Краткая характеристика разработанного способа.**

Известно, что кавитация представляет собой образование пузырьков газа в жидкой среде при турбулентии или в условиях гидродинамического удара. Различают три фазы развития процесса кавитации: образование пузырьков газа; рост до определенного размера с возможным делением, как правило, на два пузырьковых образования; схлопывание, т.е. исчезновение пузырьков. В процессе схлопывания (взрыв, направленный в центр пузырька) происходит выделение энергии, величина, которой зависит от свойств жидкости, радиуса пузырька и внешних условий. Поэтому можно предположить, что процесс кавитации представляет собою сложный комплекс физико-химических и технологических взаимосвязанных между собою явлений. При этом эффективность кавитации характеризуется скоростью образование пузырьков, полнотой схлопывания и количеством выделенного тепла которое нагреваемой воды.

Изменение температуры воды в процессе кавитации приведены в таблице 1.

Таблица 1.

$P, (атм)$	$V, (литр)$	$n, (оборот)$	$t, (мин)$	$T, (°C)$
5,5	15	0	0	20
		1	1	24
		2	2	27
		3	3	30
		4	4	33
		5	5	35
		8	8	39
		И	11	43
		14	14	46
		17	17	49
		20	20	52
		24	24	55
		27	27	57
30	30	58		

Вх. № 730-31-10-14  
Филиал ОАО  
"ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ"  
ТЭЦ г.Ош







ИСХОДЯЩИЙ № 17/01-97  
17 10 2014



«УТВЕРЖДАЮ»  
Директор муниципального  
предприятия «Теплоснабжение»  
Адишеров К.А.  
«17» октября 2014г

**АКТ**

о внедрении энерго- и ресурсосберегающей технологии получения водоземulsionного топлива в Ошском муниципальном предприятии «Теплоснабжение»

1. Объект внедрения. Технология получения водоземulsionного топлива (ВЭТ) на основе эффекта кавитации разработанная в Институте природных ресурсов им. А.С.Джаманбаева. Особенностью данной технологии является то, что разработанная технологическая схема ВЭТ основывается на экспериментальные и теоретические данные горючего смеси полученные эффектом кавитации.

Эффективность технологии заключается в обеспечении ВЭТ на основе эффекта кавитации, что способствует к энерго- и ресурсосбережению, так как позволяет экономит топлива и сократить экологическую загрязнений.

2. Целью проведения опытно-внедренческих работ является оценка эффективности разработанной технологии получения ВЭТ и экологической чистоты топлива после ее сгорания.

3. Краткая характеристика разработанного способа.

Известно, что горение жидкого водоземulsionного топлива в большинстве случаев осуществляется в распыленном аэрозольном состоянии – в потоке воздуха. Поэтому можно предположить, что процесс горения представляет собою сложный комплекс физико-химических и технологических взаимосвязанных между собою явлений. При этом эффективность горения ВЭТ характеризуется скоростью горения, полнотой сгорания ВЭТ и количеством выделенного тепла.

Сравнительные данные о горении безводного и эмульгированного топлива приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Продолжительность горения капель топливных эмульсий

№, п/п	Топливо	Диаметр капли, мм	Температура среды, °С	Время горения капли, с
1	Керосин	1,2	760	1,59
2	Эмульсия керосина: керосин+вода (70+30)	1,2	760	0,92

Из таблицы 1 видно, что эмульгированное жидкое топливо сгорает значительно быстрее, чем безводные; содержание до 30% воды в эмульгированном топливе не ухудшает, а даже интенсифицирует процесс горения за счет дополнительного внутритопочного дробления капель, увеличение поверхности испарения частиц и улучшения перемешивания горючего с воздухом. Уменьшение времени горения эмульгированного топлива благоприятно сказывается на стадии догорания сажистых остатков, улучшает общую полноту сгорания топлива и уменьшает отложения сажи на рабочих поверхностях.

ВХОДЯЩИЙ  
№ 562/1  
17.10.2014



#### 4. Результаты опытно-внедренческих работ.

Разработанная энерго- и ресурсосберегающая технология получения ВЭТ с кавитационным эффектом, апробировалась в предприятии «Теплоснабжение» г.Ош. Получаемого в результате внедрения разработанной технологии, дает, экономит горючего смеси приблизительно в два раза. Применение эмульсии позволяет интенсифицировать процесс горения, свести на нет образование нагара и различных отложений, как на стенках камеры топочного устройства, так и на форсунке.

#### 5. Выводы и рекомендации.

1. Гидродинамическая кавитационная обработка жидких топлив будет наиболее эффективным способом безреагентной модификации топлива.
2. Кавитация сопровождается частичным разрушением самих молекул, с образованием свободных радикалов, которые еще больше инициируют процессы сгорания. При этом отметим, что кавитационная обработка топлива, «дотягивает» фракционный состав «смесового бензина» до стандартного.
3. Водоземulsionное топливо позволяет экономить много дефицитного топлива.
4. Разработанная технология получения ВЭТ с эффектом кавитации рекомендуется к широкому внедрению в теплоснабжение г.Ош.

Главный инженер муниципального  
предприятия «Теплоснабжение»:

К.Н.Нургазиев

М.н.с. лаб. ИТМ ИПР им. Джаманбаева:

У.К.Абдалиев

Зав.лаб. ИТМ ИПР  
им. Джаманбаева, д.ф.-м.н., проф.



Ы.Ташполотов