

Сапалы ауыз су алу үшін аралас су дайындау қондырғысында мембраналық технологияларды қолдану

¹ЕЛЕМАНОВА Алия Аликовна, докторант, a.elemanova@aues.kz,

¹АЛИЯРОВА Мадина Бирлесовна, т.ғ.к., доцент, m.aliyarova@aues.kz,

^{1*}БЕГИМБЕТОВА Айнура Серикбайқызы, PhD, доцент, a.begimbetova@aues.kz,

²МУТАШЕВА Гаухар Сапаққызы, т.ғ.к., аға оқытушы, g.mutasheva@gmail.com,

¹Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Қазақстан, 050013, Алматы, А. Байтұрсынұлы көшесі, 126/1,

²Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Қазақстан, 050010, Алматы, Абай даңғылы, 8,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Зерттеу мақсаты – аралас су дайындау қондырғысының (АСДҚ) сенімді және үздіксіз жұмысын қамтамасыз ету, елді мекендер мен өндірістік нысандарға арналған сумен жабдықтау жүйелерінде сапалы ауыз су алу үшін бастапқы судың сапасына тікелей тәуелді ультра және нано сүзудің энергетикалық сипаттамаларын ғылыми-теориялық негіздеу. Су тазарту қондырғысының біріктірілген жұмысының әзірленген әдісі мембраналық технологияға негізделген, оның тиімділігі энергияны үнемдейтін мембрананы қолдану арқылы тұндырылған төмен минералданған судың сапасын алдын ала жақсартуға, кейінгі тазартуға және кейінгі дезинфекцияға тікелей байланысты. Тазартылған су сапасының көрсеткіштері және АСДҚ өнімділігін арттырудың энергия тиімділігі нормативтік талаптарға сәйкес келетін эксперименттік деректер негізінде зерттелді және есептелді. Әлсіз минералданған суға жүргізілген зерттеулердің нәтижелері қаттылық пен хлоридтердің жалпы қалдық концентрациясы $0,77 \text{ мг/дм}^3$ диапазонында еш қиындықсыз TDS (Total dissolved solids) алуға мүмкіндік берді. Ұсынылған АСДҚ әдісі суды тазарту саласындағы іргелі және қолданбалы жұмыстардың ішінде басымды болып табылады, ол табиғи су көздеріне антропогендік жүктемелердің жоғарылауы жағдайында табиғи суларды тазартуға арналған.

Кілт сөздер: ауыз суы, ультрасүзгілу, наносүзгілу, ультракүлгінді залалсыздандыру.

Кіріспе

Суды тазарту саласындағы аса маңызды міндеттер – энергия тиімділігін, сенімділігін, экологиялық тазалығын және ТМД елдерінің, жақын және алыс шетелдердің тұрғындарын сапалы ауыз сумен үздіксіз қамтамасыз ету болып табылады. Бұл мәселелерді шешуде су тазарту жүйелерінде табиғи көздерден алынған суды одан әрі өңдеуге ерекше орын беріледі.

Ауыз сумен жабдықтау жүйелерін дамытудың заманауи, тиімді жолдарының бірі мембраналық технологияларды пайдалану болып табылады, олардың нарықтағы жағдайы оларды қолдану саласындағы кеңеюдің тұрақты тенденцияларын көрсетеді.

Дәстүр бойынша, мембраналық технологиялардың ауыз сумен қамтамасыз етудегі рөлі теңіз және жер асты суларын тұщыландыру, негізінен оның тұз құрамын азайту мақсатында азайтылды. Алайда, мембраналардың «әмбебаптығы», сондай-ақ олардың жаңа сапасы (энергияны үнемдеу) төмен қысымдағы жұмыстың арқасында мембраналарды суды тазартудың таптырмас

әдісіне айналдырды, ол басқа әдістермен-фторидтер, күшән, стронций, аммоний, нитраттар мен нитриттерден тазартылмайтын иондық түрдегі көптеген ластануларды алып тастай алады. «Крандағы» суды тазарту үшін мембраналарды қолдану мембраналар өндірісінің үлкен өсуіне әкелді, оның қарқыны үнемі артып келеді. 2016 жылғы мәліметтер бойынша, тек АҚШ-та шағын жүйелерге арналған шағын өлшемді мембраналық құрылғылардың жылдық өндірісі 250 миллион доллардан асады, ал әлемдегі мембраналар өндірісі бойынша үшінші орынды иеленген оңтүстік корейлық Сайхан (SAEHAN) фирмасының мәліметтері бойынша, осы компания шығаратын мембраналардың жартысына жуығы шағын жүйелерге арналған құрылғылар өндірісіне түседі.

Ауыз сумен қамтамасыз ету үшін көптеген құрылғылар мен ірі қондырғылар «жұмыс істейді». Наносүзгілеу әдісін жасау (төмен селді ұстайтын кері осмос сорттары) бұл әдісті дәстүрлі әдістердің орнына жер үсті және жер асты суларын тазарту үшін қолдануға мүмкіндік береді. Бұл наносүзгілеулі мембраналардың жоғары

молекулалы (хромды құрайтын гуминді және фульвоқышқылдар) және төмен молекулалы, соның ішінде орғанохлорлы заттардың, әсіресе адам денсаулығына қауіпті органикалық ластанулардың концентрациясын төмендетудегі өте жоғары тиімділігіне байланысты. Дәл наносүзгілеу процесі ауыз сумен қамтамасыз етудің жаңа бағытын – орталықтандырылған ауыз сумен қамтамасыз ету бойынша ірі станцияларды құруды қалыптастыруға шешуші әсер ете алады. Сағатына 10000 м³ және одан да көп су өткізу қабілеті бар мұндай наносүзгілеу станциялары қазірдің өзінде Еуропаның бірқатар қалаларында (Париж, Амстердам), АҚШ және Австралияда жұмыс істейді.

Мембраналық өндірістің жоғары қарқыны және олардың құнының тұрақты төмендеуімен мембраналардың жаңа түрлерінің үнемі пайда болуы су тазарту жабдығын әзірлеушілерден мембраналардың мүмкіндіктерін білуді және суды тазарту технологияларында мембраналық процестерді қолдану дағдыларын талап етеді. Мұнда мембраналық жабдықтың түрлерін, технологиялық сұлбасын, жұмыс істеуге арналған реагенттерді және т.б. түрлерін дұрыс таңдай білу маңызды. Мембраналық жабдықты өндірушілер өз тұтынушыларын мембраналық су тазарту жүйелерін есептеу мен жобалауға және пайдаланылған мембраналардың сипаттамаларын дұрыс пайдалануға мүмкіндік беретін бағдарламалармен қамтамасыз етеді.

Жасалған бағдарламалар мембраналар сипаттамаларының бастапқы судың құрамына, қондырғылардың белгіленген параметрлеріне және олардың жұмыс істеу шарттарына тәуелділігін зерттеуге негізделген [1].

Мембраналар мен мембраналық технологиялардың қазіргі заманғы нарығын қалыптастыруда Оңтүстік Кореяның тәжірибесі, атап айтқанда, әлемдегі ең ірі кері осмос және нано сүзу мембраналарын өндірушілердің бірі – «Сайхан» фирмасының және кері осмос мембраналарына негізделген су тазартқыштар аппараттарының тәжірибесі үлкен рөл атқарады. Бұл «нарықтың» болуы, яғни мембраналық жүйелерге деген қажеттілік ең үлкен мембраналық индустрияны құрды. Кореялық фирмалар жылына 2,5-3 млн мембраналық су тазартқыштар шығарады.

Кореяда мембраналық өндірісті құру барлығы үшін күтпеген жерден және тез болды. 1996 жылға дейін Кореяда кері осмос технологиясымен «Самсунг» фирмасының «Research & Development» бөлімінде су дайындау мамандары айналысты.

Бірақ 1996 жылдың басында, R&D мамандары мембраналар мен құрылғылардың тәжірибелік желілерінің жұмысын көрсеткен кезде, Самсунг басшылығы жергілікті нарықтың бәсекеге қабілетті мембраналық өнімдерге деген қажеттіліктерін қанағаттандыратын компания құру мүмкіндігіне әлі де күмәнмен қарады. Алайда R&D бөлімі «Самсунгтан» бөлініп, «Сайхан» фирмасын ұйымдастыра отырып, жапон және американдық

бәсекелестерді тек корей тілінде ғана емес, әлемдік нарықта да ығыстыра отырып, әлемдік деңгейдегі мембраналар өндірісін тез жолға қойды [2].

Зерттеу нысандары мен әдістері

АСДҚ-дың энергетикалық сипаттамаларын ғылыми негіздеудің мақсаты қойылды, оған қол жеткізу үшін келесі міндеттер анықталды:

- бастапқы және өңделген судың сапасын алдын ала жақсарту арқылы АСДҚ тиімділігін арттыру әдісін негіздеу;

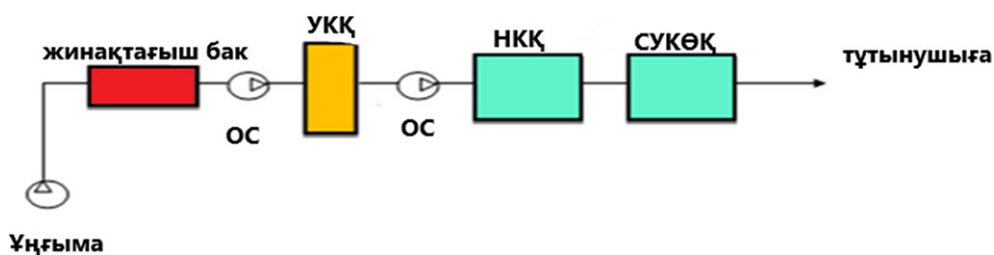
- ультра және нано сүзу жұмысын жетілдіруге негізделген сумен жабдықтау көзінен ауыз судың сапасын жақсарту әдісін ұсыну;

- эксперименттік әдіспен алынған мәліметтер негізінде АСДҚ жұмысының энергетикалық көрсеткіштерін есептеу.

Ультра және наносүзгілеу, кері осмос және электродиализге негізделген мембраналық технологиялардың өсуі, бұл мембраналардың даму келешегі ғылыми еңбектерде ауыз су мен техникалық сумен жабдықтаудың әртүрлі мәселелерін шешуді қамтамасыз ететін осы әдістің үлкен мүмкіндіктері мен әмбебаптығымен түсіндіріледі [3]. Орталықтандырылған сумен жабдықтау жүйелерінде суды тазарту үшін мембраналарды пайдалану туралы [4], қалалық ғимараттарда ағын суды қосымша тазарту үшін [5], электр энергетикалық объектілерде суды тазарту үшін [6-7]. Кері осмос және электродиализ технологиялары өнеркәсіптік кәсіпорындарда айналым жүйесінде пайдаланылған кезде ағынды суларды кейінгі тазарту үшін, сондай-ақ қалалық су шаруашылығындағы ағынды суларды тазарту және кәдеге жарату үшін де қолайлы [8-9].

1-суретте суды алдын ала өңдеу блоктары мен суды алдын ала жұмсарту жүргізілетін ультра-фильтрациялық (УСК) және нанофильтрациялық блоктан (НСК) тұратын АСДҚ технологиялық сұлбасы көрсетілген. Мұндай модульдері бар суды алдын ала тазарту блогы жоғары өнімділікпен жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Тұндырылған сумен жұмыс істегенде су тазарту қондырғысын салуға кететін күрделі шығындар азаяды. Бұл ретте тазартылған судың жоғары сапасын алуға болады [10-11].

Ультра сүзгілі блок – УС қондырғысы келесідей жұмыс істейді, айналым сорғысының көмегімен бастапқы жер асты суы Б1 және Б2 – резервуарға жіберіледі, содан кейін 1 ысырмасы арқылы – бастапқы су сорылады 2 – сорғы суды алдын ала тазарту үшін 3-механикалық сүзгіге жіберіледі, 5 және 6 ысырмалар арқылы су 4 – УСК ультра сүзгі блогына түседі, 7-8 ысырмасы арқылы тазартылған сүзгі НСК блогына жіберіледі. Егер УС қондырғысынан суды босату қажет болса, 9 ысырма арқылы су сіңдіру канализациясында жүзеге асырылады. Алдын ала ультра сүзілеу үшін біз целлюлоза ацетаты негізіндегі ультрасүзгі мембраналары бар орам элементін қолданамыз, олар жоғары меншікті өнімділігі, гидрофильді қасиет-



1-сурет – АСДҚ технологиялық блок-сұлбасы

тері бар, органикалық заттармен адсорбциялық ластануға аз сезімтал және суды алдын ала тазартуды толығымен жүргізуге мүмкіндік береді (1-сурет) [12-13].

Ультрасүзгілі блок – бөлінетін қоспаның құрамдас бөліктерінің молекулалық массаларының немесе молекулалық өлшемдерінің айырмашылығына негізделген 0,3-0,8 МПа қысымның әсерінен сұйық қоспаларды мембраналық бөлу процесі (2-сурет). Суды тазарту шпилькалармен және гайкалармен фланецтерде тартылған бірнеше секциялардан тұратын тік баған болып табылатын мембраналары бар құбырлы аппарат арқылы ультрасүзгілеу арқылы жүзеге асырылады. Әрбір секция тығыздағыштармен кезектесетін мембраналық элементтердің пакеті болып табылады. Қаптама цилиндрлік қабықшаға оралған. Тығыздағыштар секцияның тығыздығын қамтамасыз етеді және түйреуіштермен басқан кезде үйкеліс күштерінен жұмыс қысымының күшін дренаждық материалға береді (бұл факт құрылымда арнайы берік корпуссыз жасауға мүмкіндік береді) [14-15].



2-сурет – УФҚ ультрасүзгілеу блогын эксперименттік орнату

реді) [14-15].

Ультрасүзгілі блок ұсақ кеуекті материалдың субстратына салынған екі мембранадан тұрады, олардың арасында дренаж материалы орналасқан. Мембрананың бетін тазарту реагенттерді пайдаланбай, автоматты режимде гидравликалық жуу арқылы жүзеге асырылады. Алдын ала тазарту қондырғысы барлық иондарды 92-99% кешіктіреді.

Ультрасүзгілі қондырғысы қалқымалы заттарды және коллоидты темірдің ең кішкентай бөлшектерін тиімді ұстай алады, мембраналық тесіктердің өлшеміне байланысты $d = 30-1000 \text{ \AA}$, жұмыс қысымы 0,2-1,0 МПа кезінде, өлшемі 0,005 микронға дейінгі бөлшектер жойылады [16-17].

Ультрасүзгілі УСҚ блогын орнатудың техникалық сипаттамалары 1-кестеде келтірілген.

- жоғарыдан және/немесе төменнен сүзгілеу кезінде бастапқы су;

- сүзінді суды, концентратты және бастапқы суды штуцерлер арқылы жуу (бір мезгілде немесе рет-ретімен);

- УС талшықтарын тікелей жуу;

- тангенциалды сүзгілеу режимінде немесе бастапқы судың рециркуляциясымен жұмыс істеу;

- талшықтарға ауаны бір мезгілде бере отырып, кері жууды жүргізу;

- мембраналық элементтерді бөлшектемей, күшейтілген химиялық тазалауды жүргізу;

- ауаны пайдалана отырып, мембраналардың тұтастығын тексеру;

- орнатуды іске қосу және деаэрациялау процедурасының қарапайымдылығы;

- барлық қондырғыларды тоқтатпай және корпусстарды бөлшектемей кез келген ультракүлгін элементті ажыратудың/ауыстырудың қарапайымдылығы.

Осы артықшылықтардың барлығы сүзіндіні үлестік алу мәнін $140 \text{ л/(м}^2 \cdot \text{сағ)}$ дейін арттыру мүмкіндігін, төмен пайдалану шығыстарын, қондырғыға қызмет көрсетуде пайдаланудың қарапайымдылығын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, тангенциалды сүзу режимін қолдану бастапқы суды жоғары суспензиямен (1000 мг/л дейін) және лайлылықпен (50 мм дейін) өңдеуге мүмкіндік береді.

Нано-мембраналық қондырғы 3-суретте және эксперименттік деректер 2,3-кестелерінде көрсетілген.

1-кесте – АСДҚ техникалық сипаттамасы

УСҚ/НСҚ блоктарының сипаттамасы	УСҚ блогы	НСҚ блогы
Су өнімділігі, д³/сағ	100	100
Мембраналар/ұяшықтар саны, дана	6	6
Электрод кернеуінің шектері, Вт	-	-
Клапандар блогы бар аппараттың массасы (сүмен), кг	35	60
Құрылғының жалпы өлшемдері, мм	330x330x450	530x530x450
Электр энергиясын тұтыну, кВт	0.3-2.0	0.5-2.5

2-кесте – Бастапқы және ауыз су сапасының көрсеткіштері

Дереккөз атауы	Бастапқы су сапасының көрсеткіштері, мг/д³			Ауыз су сапасының көрсеткіштері, мг/д³		
	TDS, мг/дм³	t, °C	pH	TDS, мг/дм³	t, °C	pH
Жерасты суы	121,3	20	8.5÷9.5	77	22	8.5÷9.5

3-кесте – АСДҚ сатылары бойынша өңделген су сапасының нәтижелері

Көрсеткіш	Бастапқы су	МС	УСҚ	НСҚ	УУФОВ
Жалпы қаттылық, мг-экв/дм³	2,8	2,8	1,0	0,7	-0,02
Жалпы сілтілік, мг-экв/дм³	2,7	2,7	0,012	-	-
Бикарбонаттардың концентрациясы, мг/дм³	1,35	1,35	0,7	0,04	-
Тотығу қабілеті, мгО₂/дм³	14,8	14,8	9,2	-	-
Хлоридтердің концентрациясы, мг/дм³	19,0	19,0	16	0,03	-
Темір мөлшері (барлығы) мг/дм³	2,0	0,085	0,05	-	-
Алюминий мөлшері, мг/дм³	0,016	0,016	0,016	-	-
Түсі	>80	40	-	-	-
TDS	121,3	80,4	25,9	0,77	-



3-сурет – НСҚ наносүзгілі блокты эксперименттік орнату

Зерттеу нәтижелері

Табиғи судың әртүрлі компоненттерін әр түрлі ұстайтын заманауи наносүзгілі мембраналар үшін бұл бағдарламалар әрдайым нақты нәтиже бермейді. «Уотерлэб» (WATERLAB) фирмасымен эксперименттік және тәжірибелік деректер негізінде мембраналардың оңтайлы түрін және пайдалану шарттарын (сүзінді шығымы, жұмыс қысымы) таңдауға, қондырғылардың технологиялық есебін жасауға, қолданылатын реагенттердің түрлерін анықтауға және т.б. мүмкіндік беретін бағдарлама жасалды.

Мембрана түрін таңдау тазартылған судың сапасына қойылатын талаптармен және тазартылған су көрсеткіштерінің (Ca^{2+} , F^- , NH_4^+ иондарының құрамы және т.б.) белгіленген талаптарға сәйкес келуімен анықталады. Бұл жағдайда мембраналық қондырғылардың оңтайлы параметрлері таңдалады, олар сүзгі шығысының шамаларына және жұмыс қысымына сәйкес келеді, бұл кезде бірнеше компоненттер бойынша тазартудың ең үлкен әсеріне қол жеткізіледі. Мембрана-

лардың әр түрлі типтері әртүрлі ластануларға әр түрлі «төзімділікке» ие, бұл суды тазарту жүйелерін жобалау кезінде де ескеріледі [18-19].

Тазартылған ауыз судың сапа көрсеткіштерінің тәуелділіктерін құрастырған эксперименталды зерттеу нәтижелері 3,4-суретте көрсетілген.

Орталықтан тепкіш сорғы арқылы алдын ала тазарту ультрасүзгілеу қондырғысынан бастапқы су қосымша тазарту үшін нано-мембраналық қондырғыға, содан кейін ультракүлгін суды залалсыздандыру қондырғысына жіберіледі.

УСҚ ультрасүзгілеу қондырғысын кері жуудың және аралас суды тазарту процесінің жалпы еріген қатты заттардың TDS (Total dissolved solids) өнімділігінің өлшенген сипаттамалары (6,7-сурет) графиктерде келтірілген оның жұмысының энергетикалық параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді.

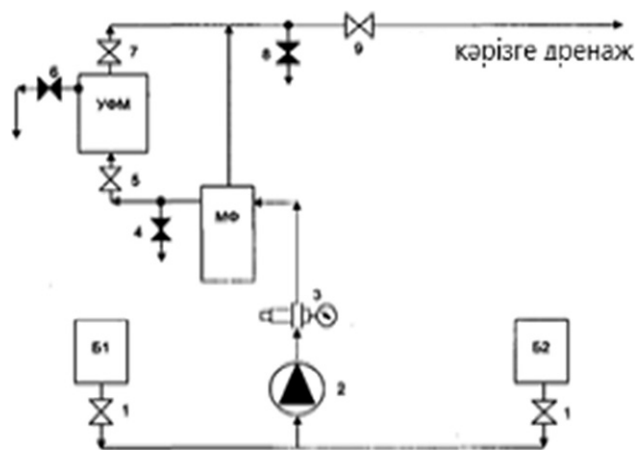
Қорытынды

Жоғары сапалы ауыз сумен реагенттерді минималды тұтынуды және ең жоғары экологиялық тазалықты қамтамасыз ету тұрғысынан алғанда, ұсынылған АСТҚ әдісі әртүрлі мақсаттағы мембраналық блоктардан – модульдерден тұратын ең үлкен тиімділікке ие [20].

Біз ауыз суды жақсартуға арналған ультра және наномембраналық технологияларды біріктіруге негізделген жетілдірілген сұлбаны ұсындық.

Бұл шешім классикалық СДҚ (су дайындау қондырғылары) сұлбаларында қолданылатын химиялық реагенттерді пайдалануды қоспағанда, сүзгілерге жүктемені азайтуға мүмкіндік береді.

Тәжірибе барысында алынған және есептеу арқылы анықталған АСТҚ ПӘК мәндері мембраналық қондырғылардың жұмысын реттеу кезінде эксперименттік қателер шегінде бір-бірімен сәйкес келеді [21].

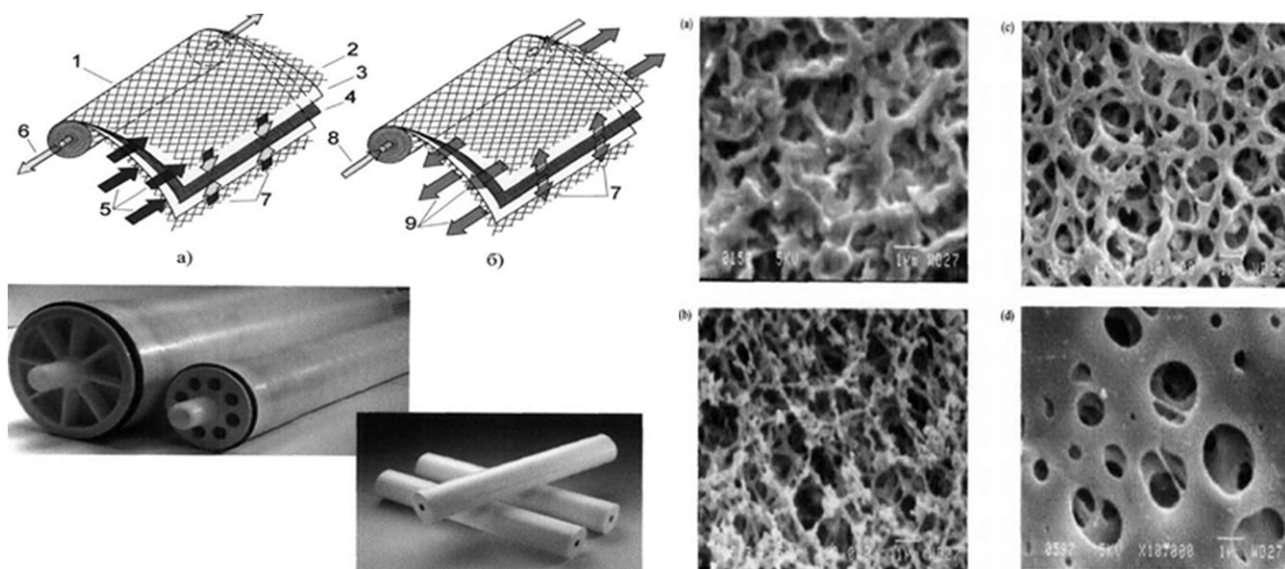


- 1 – бактан шығатын кран, 2 – сорғы, 3 – манометрі бар қысым редукторы, 4 – сынама алу краны, 5 – ультрасүзгілеу мембранаға кіре берістігі кран, 6 – ультрасүзгілеу мембранасынан шығатын сынама алу шүмегі, 7 – ультрасүзгілі мембрана дренажы желісіндегі кран, 8 – дренаж желісіндегі сынама алу краны, 9 – дренаж желісіндегі бекіткіш кран

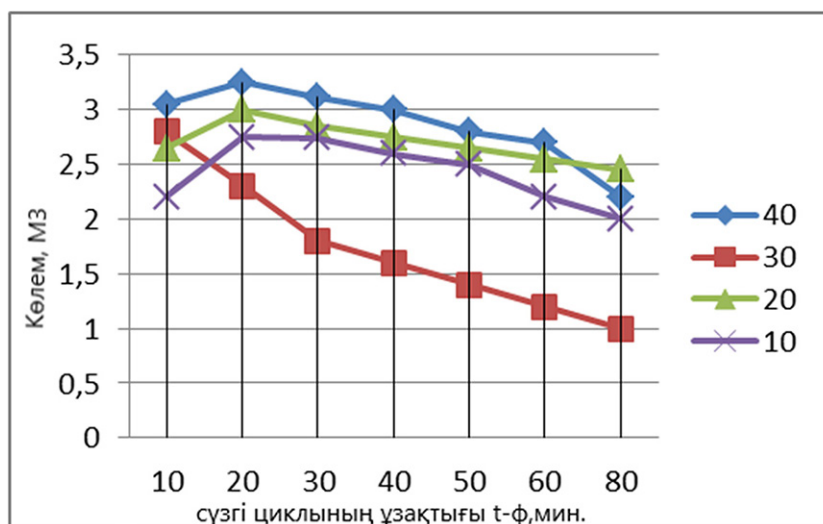
4-сурет – УСҚ және НСҚ блогы жұмысының принциптік сызбасы

Алынған эксперименттік нәтижелер УСҚ және НСҚ блогының негізгі сипаттамаларының тәуелділігін анықтауға мүмкіндік берді $Q_{впу}$, TDS, t_f , Q_k , оны реттеудің ықтимал диапазоны (50-180%), судың неғұрлым терең сапасын қамтамасыз ете отырып, СДҚ жобалау кезінде сұлбаны жақсартуға, тұщыландыруға, суды тазарту шығындарын, сумен жабдықтау жүйесін пайдалану процесінің үнемділігін төмендетуге мүмкіндік береді [11].

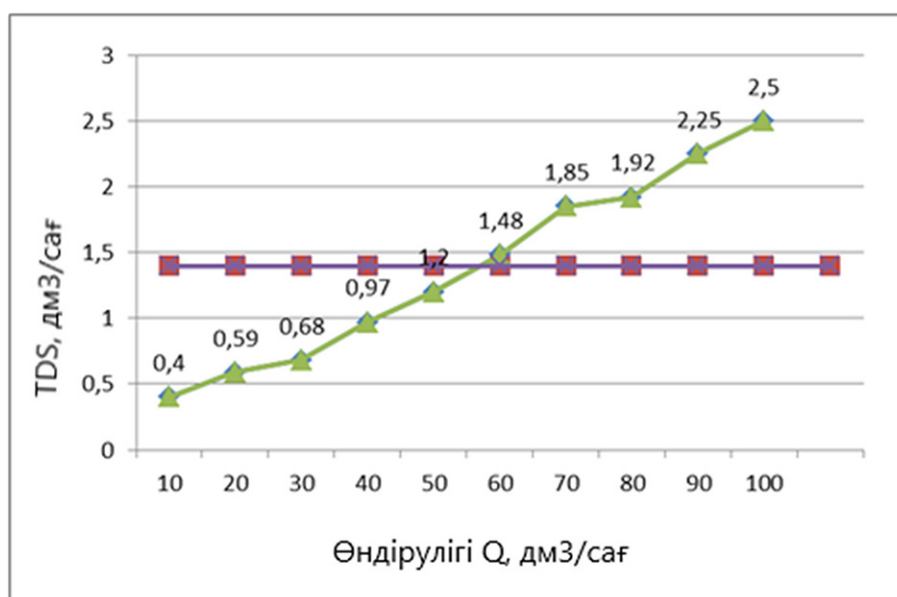
Сонымен қатар, оны пайдалану ашық су қабылдағыштарда улы төменгі шөгінділердің пайда болуына жол бермейді [22]. Мұның бәрі жұмысты одан әрі жалғастыру жолдарын анықтайды.



5-сурет – Ультра және нано сүзгі модулінің мембраналық құрылымы мен материалдары



6-сурет – АСТҚ-да УС және НС мембраналарын кері жуудың ұзақтығы



7-сурет – TDS (Total dissolved solids) ерітінділерінің жалпы сомасынан АСДҚ өнімділігі

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Krishnamoorthy, S., Modera, M., & Harrington, C. (2017). Efficiency optimization of a variable-capacity/variable-blower-speed residential heat-pump system with ductwork. *Energy and Buildings*, 150, 294-306. doi:10.1016/j.enbuild.2017.05.066
2. Kang, Z., Zhou, X., Zhao, Y., Wang, R., & Wang, X. (2017). Study on Optimization of Underground Water Source Heat Pump. *Procedia Engineering*, 205, 1691-1697. doi:10.1016/j.proeng.2017.10.353
3. Junussova L., Chicherin S. Treatment and a Heating Performance of the Water-to-Water Heat Pump: Misallocation and Available Solutions. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 288(1)012092 (2019) IOP Publishing. Improving a Water. doi:10.1088/1755-1315/288/1/012092
4. Junussova L., Chicherin S., Abildinova S.K., Aliyarova M.B., Junussov T.Ja. (2018). The means to improve water treatment and to enhance power engineering performance of the water source heat pump. *Energetika. Proceedings of CIS Higher Education Institutions and Power Engineering Associations*. 61(4), C. 372-380. doi: 61(4), C. 372-380.
5. Junussova L., Chicherin S., Junussov T.Ja. E3S Web of Conferences 118, 02004. E3S Web of Conferences Volume Minimizing the supply temperature at the district heating plant – Dynamic optimization. 118 (2019) 2019 4 th International Conference on Advances in Energy and Environment Research (ICAEEER 2019) Shanghai, China, August 16-18, 2019 C.-H. Weng, R. Weerasinghe and J. Wu (Eds.). doi.org/10.1051/e3sconf/201911802004

6. Junussova L., Chicherin S. Method of Aluminum Salts Extraction from Wastewater Using Desalination Technology: Sir Darya River Case Study IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 288(2019) 01200 IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/288/1/012008
7. Junussova L., Chicherin S. The hydro seeding and concrete anchors as a method for preventing damage to district heating network by local landslides. E3S Web of Conferences 140, 05014 (2019) EECF-2019. doi.org/10.1051/e3sconf/201914005014
8. Janghorban Esfahani, I., Lee, S., & Yoo, C. (2015). Evaluation and optimization of a multi-effect evaporation-absorption heat pump desalination based conventional and advanced exergy and exergoeconomic analyses. Desalination, 359, 92-107. doi:10.1016/j.desal.2014.12.030
9. Parham, K., Khamooshi, M., Daneshvar, S., Assadi, M., & Yari, M. (2016). Comparative assessment of different categories of absorption heat transformers in water desalination process. Desalination, 396, 17-29. doi:10.1016/j.desal.2016.05.031
10. Junussova L., Chicherin S. Wastewater treatment and application in the advanced Nanofil traction system. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. «Sustainable and Efficient Use of Energy, Water and Natural Resources», 2019. pp. 131-134. IOP Publishing. SEVAN 2019.
11. Junussova L. The impact of technological characteristics of membrane devices for the degree of desalination water treatment plant in the schemes VII Science, Technology and Higher Education [Text]: materials of the III International research and practice conference, Westwood, Canada, April 2-3, 2015 / – c. Westwood, Canada, 2015. pp. 251-256.
12. Junussova L. Using technology of ultrafiltration as a pretreatment in water treatment scheme. The Strategies of Modern Science Development: Proceedings of the VII International scientific-practical conference. North Charleston, SC, USA, 7-8 April 2015. – North Charleston: Create Space, 2015. pp. 30-33.
13. Chicherin S.V. The Analysis of Design Arrangements Associated with a Measuring Points Location of the Pipe Surveillance System. Automation and IT in Power Engineering. 2017. No. 12. pp. 12-15.
14. Junussova, L.R. (2016). Improving the Quality of Desalinated Water with Combined Water Treatment Plant Boiler. Alternative Energy and Ecology (ISJAEE), (23), 167-176. doi: 10.15518 / isjaee. 2015. 23.021
15. Джунусова Л.Р. Использование мембранных водоподготовительных установок. Сборник научных трудов XLIV МНПК / Т 40 Технические науки – от теории к практике. № 3 (40). РФ Новосибирск: Изд. «СибАК», 9-14 апреля 2015г. С. 40-45.
16. Junussova, L.R. Membrane Plants In Water Conditioning Schemes At Thermal Power Stations. Journal of «European Applied Sciences»: Germany. Stuttgart. – № 4. – April. 2015. – pp. 60-63.
17. Джунусова Л.Р. Применение эффективных способов деминерализации подземных вод в засушливых районах Приаралья. Журнал «Водоочистка» – Москва: «Панорама». № 5. 2016. – С. 54-57.
18. Ortega Sandoval, A.D., Barbosa Brião, V., Cartana Fernandes, V.M., Hemkemeier, A., & Friedrich, M.T. (2017). Stormwater management by microfiltration and ultrafiltration treatment. Journal of Water Process Engineering. doi:10.1016/j.jwpe.2017.07.018
19. Андриянов А.П., Первов А.Г. Методика определения параметров эксплуатации ультрафильтрационных систем очистки природных вод // Критические оценки технологии. Мембраны. 2003. № 2. С. 43-46.
20. Джунусова Л.Р. Способ очистки природных вод. Инновационный патент на изобретение № 29016, Бюллет. № 10 от 15.10.2014г. Комитет по правам интеллектуальной собственности Мин. Юст. РК.
21. Джунусова Л.Р. Установка для получения питьевой воды. Инновационный патент на изобретение № 29944, Бюллет. № 6 от 15.06.2015г. Комитет по правам интеллектуальной собственности Мин. Юст. РК.
22. Джунусова Л.Р. Патент на полезную модель FAP № 01327 Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан от 26.09.2018г.

Применение мембранных технологий на комбинированной водоподготовительной установке для получения качественной питьевой воды

¹**ЕЛЕМАНОВА Алия Аликовна**, докторант, a.elemanova@aes.kz,

¹**АЛИЯРОВА Мадина Бирлесовна**, к.т.н., доцент, m.aliyarova@aes.kz,

¹***БЕГИМБЕТОВА Айнура Серикбаевна**, PhD, доцент, a.begimbetova@aes.kz,

²**МУТАШЕВА Гаухар Сапаховна**, к.т.н., старший преподаватель, g.mutasheva@gmail.com,

¹Алматинский университет энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева, Казахстан, 050013, Алматы, ул. А. Байтурсынова, 126/1,

²Казахский национальный аграрный университет, Казахстан, 050010, Алматы, пр. Абая, 8,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Цель исследования – научно-теоретическое обоснование энергетических характеристик ультра и нано фильтрации, напрямую зависящих от качества исходной воды, для обеспечения надежной и бесперебойной работы комбинированной водоподготовительной установки (КВПУ), получения качественной питьевой воды в системах водоснабжения предназначенных для населенных пунктов и производственных объектов. Разработанный способ комбинированной работы водоподготовительной установки основан на мембранной технологии эффективность, которой напрямую зависит в предварительном улучшении качества осветленной слабоминерализованной воды с помощью энергоэффективной мембраны, доочистки и последующего обеззараживания. Исследованы и рассчитаны на основе экспериментальных данных, соответствующие нормативным требованиям показатели качества очищенной воды и энергоэффективность повышения производительности КВПУ. Результаты исследований на слабоминерализованной воде позволили без особых проблем получить TDS (Total dissolved solids) с суммарной остаточной концентрацией по жестко-

сти и хлоридам в пределах – 0,77 мг/дм³. Предлагаемый способ КВПУ является приоритетным среди фундаментальных и прикладных работ в области водоподготовки предназначен для очистки природных вод в условиях повышенных антропогенных нагрузок на природные источники воды.

Ключевые слова: питьевая вода, ультрафильтрация, нанофильтрация, ультрафиолетовое обеззараживание.

The Use of Membrane Technologies of the Combined Water Treatment Plant to Obtain Quality Drinking Water

¹YELEMANOVA Aliya, doctoral student, a.elemanova@aes.kz,

¹ALIYAROVA Madina, Cand. Tech. Sci., Assistant Professor, m.aliyarova@aes.kz,

^{1*}BEGIMBETOVA Ainur, PhD, Assistant Professor, a.begimbetova@aes.kz,

²MUTASHEVA Gaukhar, Cand. Tech. Sci., Senior Lecturer, g.mutasheva@gmail.com,

¹Almaty University of Power Engineering and Telecommunications n.a. Gumarbek Daukeyev, Kazakhstan, 050013, Almaty, A. Baitursynova Street, 126/1,

²Kazakh National Agrarian Research University, Kazakhstan, 050010, Almaty, Abai Avenue, 8,

*corresponding author.

Abstract. The purpose of the study is the scientific and theoretical justification of the energy characteristics of ultra and nano-filtration, which directly depend on the quality of the source water, for reliable and uninterrupted operation of the combined water treatment plant (CWTP) and high-quality drinking water for water supply systems of industrial facilities, as well as settlements. The developed method for the combined operation of a water treatment plant is based on membrane technology, which directly depends on the preliminary improvement of the quality of clarified low-mineralized water using an energy-efficient membrane, tertiary treatment and disinfection. Based on the experimental data, the quality indicators of the source and purified water corresponding to the energy-efficient values of increasing the capacity of the water treatment plant are investigated and calculated. The results of studies on low-mineralized water made it possible to obtain the SDI colloid index with a total residual concentration of hardness and chlorides in the range of 0.05 mg/dm³ without any problems. The proposed CWTP method is a priority among fundamental and applied works in the field of water treatment and is intended for the purification of natural waters under conditions of increased anthropogenic loads on natural water sources.

Keywords: drinking water, ultrafiltration, nanofiltration, ultraviolet disinfection.

REFERENCES

1. Krishnamoorthy, S., Modera, M., & Harrington, C. (2017). Efficiency optimization of a variable-capacity/variable-blower-speed residential heat-pump system with ductwork. *Energy and Buildings*, 150, 294-306. doi:10.1016/j.enbuild.2017.05.066
2. Kang, Z., Zhou, X., Zhao, Y., Wang, R., & Wang, X. (2017). Study on Optimization of Underground Water Source Heat Pump. *Procedia Engineering*, 205, 1691-1697. doi:10.1016/j.proeng.2017.10.353
3. Junussova L., Chicherin S. Treatment and a Heating Performance of the Water-to-Water Heat Pump: Misallocation and Available Solutions. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 288(1)012092 (2019) IOP Publishing. Improving a Water. doi:10.1088/1755-1315/288/1/012092
4. Junussova L., Chicherin S., Abildinova S.K., Aliyarova M.V., Junussov T.Ja. (2018). The means to improve water treatment and to enhance power engineering performance of the water source heat pump. *Energetika. Proceedings of CIS Higher Education Institutions and Power Engineering Associations*. 61(4), pp. 372-380. doi: 61(4), pp. 372-380.
5. Junussova L., Chicherin S., Junussov T.Ja. *E3S Web of Conferences* 118, 02004. *E3S Web of Conferences Volume Minimizing the supply temperature at the district heating plant – Dynamic optimization*. 118 (2019) 2019 4 th International Conference on Advances in Energy and Environment Research (ICAEEER 2019) Shanghai, China, August 16-18, 2019 C.-H. Weng, R. Weerasinghe and J. Wu (Eds.). doi.org/10.1051/e3sconf/201911802004
6. Junussova L., Chicherin S. Method of Aluminum Salts Extraction from Wastewater Using Desalination Technology: Sir Darya River Case Study *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 288(2019) 01200 IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/288/1/012008
7. Junussova L., Chicherin S. The hydro seeding and concrete anchors as a method for preventing damage to district heating network by local landslides. *E3S Web of Conferences* 140, 05014 (2019) EECF-2019. doi.org/10.1051/e3sconf/201914005014
8. Janghorban Esfahani, I., Lee, S., & Yoo, C. (2015). Evaluation and optimization of a multi-effect evaporation-absorption heat pump desalination based conventional and advanced exergy and exergoeconomic analyses. *Desalination*, 359, 92-107. doi:10.1016/j.desal.2014.12.030
9. Parham, K., Khamooshi, M., Daneshvar, S., Assadi, M., & Yari, M. (2016). Comparative assessment of different categories of absorption heat transformers in water desalination process. *Desalination*, 396, 17-29. doi:10.1016/j.desal.2016.05.031
10. Junussova L., Chicherin S. Wastewater treatment and application in the advanced Nanofiltration system. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. «Sustainable and Efficient Use of Energy, Water and Natural Resources», 2019. pp. 131-134. IOP Publishing. SEVAN 2019.

11. Junussova L. The impact of technological characteristics of membrane devices for the degree of desalination water treatment plant in the schemes VII Science, Technology and Higher Education [Text]: materials of the III International research and practice conference, Westwood, Canada, April 2-3, 2015 / – c. Westwood, Canada, 2015. pp. 251-256.
12. Junussova L. Using technology of ultrafiltration as a pretreatment in water treatment scheme. The Strategies of Modern Science Development: Proceedings of the VII International scientific–practical conference. North Charleston, SC, USA, 7-8 April 2015. – North Charleston: Create Space, 2015. pp. 30-33.
13. Chicherin S.V. The Analysis of Design Arrangements Associated with a Measuring Points Location of the Pipe Surveillance System. Automation and IT in Power Engineering. 2017. No. 12. pp. 12-15.
14. Junussova, L.R. (2016). Improving the Quality of Desalinated Water with Combined Water Treatment Plant Boiler. Alternative Energy and Ecology (ISJAE), (23), 167-176. doi: 10.15518 / isjaee. 2015. 23.021
15. Dzhunusova L.R. Ispol'zovanie membrannykh vodopodgotovitel'nykh ustanovok. Sbornik nauchnykh trudov XLIV MNPK / T 40 Tehnicheskie nauki – ot teorii k praktike. No. 3 (40). RF Novosibirsk: Publ. «SibAK», 9-14 aprelja 2015g. pp. 40-45.
16. Junussova, L.R. Membrane Plants In Water Conditioning Schemes At Thermal Power Stations. Journal of «European Applied Sciences»: Germany. Stuttgart. – No. 4 – April. 2015. – pp. 60-63.
17. Dzhunusova L.R. Primenenie jeffektivnykh sposobov demineralizacii podzemnykh vod v zasushlivykh rajonah Priaral'ja. Zhurnal «Vodoochistka» – Moscow: «Panorama». No. 5. 2016. – pp. 54-57.
18. Ortega Sandoval, A.D., Barbosa Brião, V., Cartana Fernandes, V.M., Hemkemeier, A., & Friedrich, M.T. (2017). Stormwater management by microfiltration and ultrafiltration treatment. Journal of Water Process Engineering. doi:10.1016/j.jwpe.2017.07.018
19. Andrianov A.P., Pervov A.G. Metodika opredelenija parametrov jekspluatacii ul'trafil'tracionnykh sistem ochistki prirodnykh vod // Kriticheskie ocenki tehnologii. Membrany. 2003. No. 2. pp. 43-46.
20. Dzhunusova L.R. Sposob ochistki prirodnykh vod. Innovacionnyj patent na izobretenie no. 29016, Bjullet. No. 10 ot 15.10.2014 g. Komitet po pravam intellektual'noj sobstvennosti Min. Just. RK.
21. Dzhunusova L.R. Ustanovka dlja poluchenija pit'evoj vody. Innovacionnyj patent na izobretenie no. 29944, Bjullet. No. 6 ot 15.06.2015 g. Komitet po pravam intellektual'noj sobstvennosti Min. Just. RK.
22. Dzhunusova L.R. Patent na poleznuju model' FAP no. 01327 Agentstvo po intel'lektual'noj sobstvennosti Respubliki Uzbekistan ot 26. 09. 2018g.