

AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNIVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

CAHAN ARAF QIZI ƏHMƏDOVA

**DİZEL ELEKTRİK STANSİYALARININ
TULLANTI İSTİLİYİ HESABINA MİNERALLI
SULARIN KOMBİNƏLƏŞDİRİLMİŞ ŞİRİNLƏŞDİRMƏ
TEKNOLOGİYALARININ İŞLƏNİLMƏSİ**

İxtisas 3342.02 – İstilik elektrik stansiyaları (istilik hissəsi)

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru alimlik dərəcəsi
almaq üçün təqdim olunmuş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

BAKİ – 2015

İş Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin «İstilik energetikası» kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

Texnika elmləri doktoru, professor

M.M.AĞAMALIYEV

Rəsmi opponetlər:

Texnika elmləri doktoru, professor

H.Q.FEYZİYEV

Texnika elmləri namizədi, dosent

A.B.ZEYNALOVA

Aparıcı təşkilat: «AZƏRENERJİ» Açıq Səhmdar Cəmiyyətinin Enerji istehsalı idarəsi

Dissertasiya işinin müdafiəsi 27 yanvar 2016-cı il tarixində saat 11⁰⁰ Azərbaycan Texniki Universitetində fəaliyyət göstərən B/D.02.031 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ 1073, Bakı şəhəri, H.Cavid pr. 25

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan Texniki Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat «___»_____2015-ci il tarixində göndərilmişdir.

Dissertasiya işinin avtoreferatına rəyi 2 (iki) nüsxədə təsdiq olunmuş imzalarla elmi katibin adına yuxarıda göstərilən ünvana göndərməyinizi xahiş edirik.

Dissertasiya Şurasının elmi katibi,
texnika elmləri namizədi, dosent

E.B.GÖZƏLOV

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Problemin aktuallığı. Bəşəriyyətin qlobal problemləri arasında içməli (şirin) su qıtlığı mühüm yer tutur. Azərbaycan Respublikası üçün də şirin su çatışmamazlığı problemi xarakterikdir. Respublikanın Abşeron regionunda əhalinin sıxlığı yüksək və sənaye müəssisələrinin sayı çox olduğundan su problemi daha da kəskinləşir.

Dünya təcrübəsi göstərir ki, minerallı su mənbələri (okean, dəniz, yeraltı şoran) olan regionlarda su qıtlığı probleminin effektiv həlli yollarından biri bu suların şirinləşdirilməsidir. Bunu nəzərə alaraq 2010-cu ilin fevral ayında əhalinin ekoloji təmiz su ilə təmin edilməsi probleminin həlli istiqamətində Respublika Prezidenti tərəfindən Xəzər dənizinin sahilində şirinləşdirmə qurğularının tikilməsinə göstəriş verilmişdir. Hal-hazırda Səlyan rayonunda bir pilot layihə reallaşdırılır.

Suyun şirinləşdirilməsi probleminin belə yüksək səviyyədə aktuallaşdırılması bu sahədə hələ 50 il bundan əvvəl respublikamızda professor İ.Z.Makinski tərəfindən başlanmış və hal-hazırda Azərbaycan Respublikasının Əməkdar Elm Xadimi professor K.M.Abdullayevin rəhbərliyi ilə davam etdirilən elmi-tədqiqat işlərinin intensivləşdirilməsinə səbəb olmuşdur. Minerallı suların şirinləşdirilməsi probleminin həllində Azərbaycan Respublikasının Əməkdar Müəllimi professor H.Q.Feyziyevin elmi işlərini xüsusi qeyd etmək lazımdır.

Suyun şirinləşdirilməsinin müasir texnologiyalarının təhlili göstərir ki, onlardan ikisi daha dərinlən öyrənilmişdir: əks-osmos və termiki şirinləşdirmə. Onların ümumi çatışmayan cəhətlərinə yüksək istilik (energetik) xərcləri və sulfat ərpini qarşısını almaq üçün tətbiq olunan üsulların effektivliyinin aşağı olması aiddir. Buna görə yuxarıda göstərilən iki şirinləşdirmə üsullarının əsasında kombinəlaşdırılmış (hibrid) şirinləşdirmə sisteminin yaradılması istiqamətində yeni tədqiqatların aparılması böyük maraq doğurur. Burada hər iki üsulun çatışmayan cəhətləri aradan qaldıraraq üstün cəhətlərinin səmərəli istifadəsi məsələsi qoyulur. Tədqiqatçılar tərəfindən şirinləşdirmə texnologiyasının seçilməsi zamanı şirinləşdirilən suyun ərpəmələ gətirmə potensialı və şirinləşdirməyə sərf olunan ucuz istilik (enerji) mənbələrinin mövcudluğu kimi regional xüsusiyyətlər nəzərə alınır.

Abşeronda minerallı suların şirinləşdirilməsi məsələsinin səmərəli həlli yollarının təhlili geniş miqyaslı enerjiqənaətlə şirinləşdirmə sistemlərinin yaradılması perspektivlərinin olduğunu göstərir. Bu imkanlar onunla əlaqədardır ki, 2007-2008-ci illərdən burada iki dizel elektrik stansiyası (DES) istismar olunur: Bakı (104 MVt) və Səngəçal (300 MVt). Bu stansiyaların işi nəticəsində atmosfərə temperaturu 500⁰C-yə yaxın olan yanma məhsulları atılır.

Bununla əlaqədar olaraq DES-in tullantı istiliyinin hesabına minerallı suların (Xəzər dənizi suyu, yeraltı şoran suları) enerjiqənaətlə kombinəlaşdırılmış şirinləşdirmə texnologiyalarının işlənilməsi respublikamız üçün aktual elmi-texniki məsələdir.

İşin məqsədi Bakı və Səngəçal DES-nin misalında tullantı istiliyinin istifadəsi, eləcə də əks-osmos və termiki üsulların kombinəlaşdırılması yolu ilə minerallı suların şirinləşdirilməsi prosesinin effektivliyinin artırılmasıdır.

Aparılan tədqiqatların konkret məsələləri bunlardır:

- göstərilən DES-lərin ikinci enerji ehtiyatlarının və onların utilizasiyası hesabına şirinləşdirilə bilən suyun miqdarının qiymətləndirilməsi;
- sulfat ərpini yaranan komponentlərin əvvəlcədən xaric olunmasına əsaslanan əks-osmos və termiki üsulların səmərəli kombinəlaşdırılması ilə utilizasiyalı şirinləşdirmənin texnoloji sxemlərinin işlənilməsi;
- regionun geniş sinfə malik olduğu minerallı sularının hər şirinləşdirmə mərhələsində kalsiumun buraxıla bilən konsentrasiyasını qiymətləndirməklə karbonat və sulfat ərplərinin əmələ gəlməsi şərtlərinin öyrənilməsi;
- sulfat ərpini yaranmasının qarşısını almaq üçün şirinləşdirilən suyun ilkin nanosüzülmə prosesinin effektivliyinin öyrənilməsi;

- şirirləşdirmə prosesinin texnoloji göstəricilər kompleksinə təsir edən əsas faktorların təyin edilməsi ilə kombinəlaşdırılmış şirirləşdirmə sisteminin riyazi modellərinin işlənilməsi və bu təsirin kəmiyyətə qiymətləndirilməsi;
- kombinəlaşdırılmış şirirləşdirmə sisteminin xüsusiyyətlərini nəzərə almaqla optimallaşdırma məsələsinin həlli: prosesin təşkilinin optimal şərtlərinin təyini və onların ekoloji-iqtisadi effektivliyinin təhlili.

Tədqiqat üsulları. Qoyulan məsələlər hesablama-analitik və eksperimental üsullarla həll olunmuşdur. Əks-osmos şirirləşdirmə mərhələsi Amerikanın DOW şirkətinin ROSA kompüter programından istifadə etməklə tədqiq olunmuşdur. İşlənmiş şirirləşdirmə sistemlərinin riyazi modelləşdirmə üsulundan istifadə olunmuşdur və onların kompüter tədqiqatları aparılmışdır. Eksperimental tədqiqatlar riyazi planlaşdırma üsulu ilə həyata keçirilmişdir.

İşin elmi yeniliyi:

- minerallı suların əks-osmoslu və yüksək temperaturlu termiki şirirləşdirmə üsullarına əsaslanan, sulfat ərpi probleminin həllini ion-mübadilə və ya nanosüzülmə üsulları ilə nəzərdə tutan, hər emal mərhələsində DES-in tullantı istiliyinin səmərəli istifadəsini təmin edən kombinəlaşdırılmış şirirləşdirmə texnologiyaları işlənilmişdir;
- şirirləşdirmə prosesində, minerallı sularda (20 şoran su mənbəyi və Xəzər dənizi suyu) assosiatların mövcudluğunu, eləcə də əks-osmoslu şirirləşdirmə mərhələsində konsentrasiya polyarizasiya hadisəsini nəzərə almaqla, ərpin yaranmasının qarşısını almaq üçün əvvəlcədən suyun kalsiumdan təmizləmə dərəcəsi nəzəri olaraq əsaslandırılmışdır;
- şoran suların ion-mübadiləli yumşaldılması prosesinin texnoloji göstəricilərinin hesablanması üçün eksperimentin riyazi planlaşdırılması üsulu ilə reqressiya tənlikləri alınmışdır;
- qaynayan tipli üfüqi-təbəqəli və ani qaynayan buxarlandırıcıları olan kombinəlaşdırılmış şirirləşdirmə sistemlərinin riyazi modelləri işlənilmişdir. Bu modellərin kompüter tədqiqatları ilə şirirləşdirmə sistemlərinin kəmiyyət qanunauyğunluqları təyin edilmişdir;
- əks-osmos və birpilləli adiabat şirirləşdirmə proseslərinə əsaslanan, əks-osmos mərhələsinin konsentratının ion-mübadiləli kalsiumsuzlaşdırılması ilə məlum üsullardan fəqlənən, yeni kombinəlaşdırılmış şirirləşdirmə üsulu işlənilmişdir (patent verilməsi haqqında müsbət qərar çıxarılmışdır);
- kombinəlaşdırılmış şirirləşdirmə sistemlərinin xüsusiyyətlərini nəzərə almaqla optimallaşdırma modeli təklif edilmişdir və Xəzər dənizi suyunun misalında şirirləşdirilmiş suyun kiçik xərclərlə yüksək çıxımını (80%) təmin edən texnologiyanın optimal parametrləri təyin olunmuşdur.

Müəllifin şəxsi iştirakı. İcmalın təhlili, nəticələri 2-5 fəsilərində öz əksini tapmış tədqiqatların çox hissəsinin yerinə yetirilməsi, kombinəlaşdırılmış şirirləşdirmə sistemlərinin riyazi modellərinin işlənilməsi, eksperimental tədqiqatların aparılması və alınan nəticələrin riyazi işlənilməsi müəllif tərəfindən sərbəst yerinə yetirilmişdir.

Alınan nəticələrin dəqiqliyi və əsaslandırılması. Alınan nəticələrin dəqiqliyi və dürüstlüyü təcrübədə yoxlanılmış müasir hesablama-analitik metodikaların kompleks şəklində tətbiqi ilə, şirirləşdirmə sahəsində aparıcı şirkətin ROSA kompüter programından istifadə etməklə, real süzgəclərə adekvat olan dinamik modellərdə şoran suların ionmübadiləli emal proseslərinin eksperimental tədqiqi ilə, məlum kimyəvi analiz metodlarının tətbiqi ilə, tədqiqatların nəticələrinin emalı üçün riyazi-statistika üsullarından korrekt istifadə etməklə, alınan nəticələrin başqa tədqiqatçılar tərəfindən alınan nəticələrlə müvafiq şəraitdə uyğun gəlməsi ilə təmin olunmuşdur.

Alınan nəticələrin praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiya işində alınan nəticələrin praktiki əhəmiyyəti onunla əlaqədardır ki, onlar Səngəçal və Bakı DES-nin tullantı istiliyinin hesabına uyğun olaraq Xəzər dənizi və yeraltı şoran sularının effektiv və xərcləri kiçik olan şirirləşdirmə sistemlərinin layihələndirilməsinə və yaradılmasına imkan verir. İşlənmiş texnologiyalar universal xarakter daşıyır və digər energetik qurğularda istifadə oluna bilərlər.

Alınan nəticələrin praktiki istifadəsi üçün qeyd olunan DES-lərin yerləşdiyi rayonlarda potensial istehlakçıların və şirirləşdirilmiş suyun həcmnin təyini məqsədilə müvafiq monitorinqlərin keçirilməsi məqsəduyğundur. Alınan nəticələr əsasında utilizasiya tipli şirirləşdirmə qurğularının texnoloji reqlamenti və mühəndis işləri yerinə yetirildikdən sonra bu sahədə ixtisaslaşan xarici şirkətlər cəlb oluna bilər.

İşin nəticələrinin realləşdırılması. Tədqiqatların nəticələri Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyinə, eləcə də AZƏRENERJİ ASC-yə təqdim olunmuş və müsbət qiymətləndirilmişdir. Hal-hazırda ADNA-nın tədris prosesində istifadə edilir.

Müdafiəyə çıxarılmış əsas müddəalar.

1. Suyun şirirləşdirilməsinə yararlı olan DES-in ikinci enerji ehtiyatlarının hesablanma metodikası.

2. Əks-osmos və müxtəlif tipli buxarlandırıcılarla termiki üsulların kombinəşdirilməsinə əsaslanan, DES-in tullantı istiliyindən istifadəsi ilə ikimərhələli şirirləşdirməyə və termiki şirirləşdirmə mərhələsinin yüksək temperatur sahəsində təşkilinə əsaslanan texnoloji sxemlər.

3. Kalsium ərpinin yaranmasının qarşısının alınması nöqtəyi-nəzərdən şirirləşdirmənin hər mərhələsində bəsləyici suda kalsiumun buraxıla bilən konsentrasiyasının hesablanması üçün metodika və düstur.

4. Kombinəşdirilmiş şirirləşdirmə sistemlərində ion-mübadilə və nanosüzülmə üsulları ilə sulfat ərpi probleminin effektiv həllinin müqayisəsi üzrə tədqiqatların nəticələri.

5. Minerallı suların təklif edilmiş kombinəşdirilmiş şirirləşdirmə sistemlərinin riyazi modelləri və onların kompyuter tədqiqatlarının nəticələri.

6. Birpilləli adiabatik şirirləşdirmədən əvvəl əks-osmos mərhələsinin konsentratının ion-mübadiləli kalsiumsuzlaşdırılmasına əsaslanan yeni kombinəşdirilmiş üsulu.

7. Minerallı suların utilizasiyalı kombinəşdirilmiş şirirləşdirmə texnologiyalarının optimallaşdırılma və ekoloji-iqtisadi tədqiqatlarının nəticələri.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin nəticələri 7 Beynəlxalq və Respublika konfranslarında məruzə və müzakirə olunmuşdur, o cümlədən: Beynəlxalq elmi-praktiki konfransın materialları. Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti. 2006. Bakı; Aspirant və gənc tədqiqatçıların Respublika elmi konfransı. ADNA. 2008. Bakı; Doktorant və gənc alimlərin XV Respublika elmi konfransının materialları. «Bakı Universiteti» 2011. Bakı; Xəzər Beynəlxalq Su Texnologiyaları konfransının materialları. 12 aprel 2013. Bakı və s.

Nəşrlər: Dissertasiyanın mövzusunə görə 20 iş nəşr olunmuşdur.

İşin həcmi və strukturu. İş girişdən, beş fəsildən, nəticələrdən, istifadə olunmuş ədəbiyyatdan və əlavələrdən ibarətdir. İşin məzmunu 216 səhifədə təsvir olunmuşdur, işdə 50 cədvəl və 33 şəkil vardır. İşdə 147 adlı texniki ədəbiyyatdan, eləcə də 6 İNTERNET saytının məlumatlarından istifadə olunmuşdur.

İŞİN QISA MƏZMUNU

Girişdə işin ümumi xarakteristikası verilir, o cümlədən mövzunun aktuallığı əsaslandırılır, tədqiqatın məqsəd və məsələləri formalaşdırılır, elmi yeniliyi, alınan nəticələrin praktiki əhəmiyyəti, dissertasiya işinin aprobasiyası və nəşrlər gətirilir.

Birinci fəsildə energetik qurğuların ikinci enerji ehtiyatlarından (İEE) istifadə etməklə minerallı suların kombinəşdirilmiş şirirləşdirilməsinin mövcud texnologiyalarının tənqidi təhlili aparılır. Abşeronun regional xüsusiyyətlərini (İEE-nin mövcudluğunu və Xəzər dənizi suyunun yüksək ərp əmələ gətirmə potensialı) nəzərə almaqla yeni tədqiqatların əsas istiqamətləri əsaslandırılır.

Termiki şirirləşdirmə üsulunun əsas çatışmamazlıqları yüksək istilik xərcləri ilə (şirirləşdirilmiş suyun maya dəyərinin 50%-dək), şirirləşdirilmiş suyun çıxımının və buxarlanma temperaturunun səviyyəsinin aşağı (40-110⁰C) olması ilə əlaqədardır. Bunun da əsas səbəbi sulfat ərpi probleminin həlli üçün tətbiq olunan üsulların effektivliyinin aşağı olmasıdır. Bununla yanaşı termiki şirirləşdirmənin göstəriciləri xam suyun duzluluğundan az asılıdır və əks-osmos üsulundan fərqli olaraq şirirləşdirilən suyun çox dərin ilkin emalı tələb olunmur.

Göstərilənlərlə bərabər qalıq konsentratının həcmnin böyük (xam suyun 30-60%-i) və şirinləşdirilmiş suyun duzluluğunun yüksək olması əks-osmosun çatışmayan cəhətlərinə aiddir. Bu üsulun geniş yayılmasına səbəb onun enerji xərclərinin aşağı olması (3-5 kVt·saat/m³), qurğunun sadəliyi, kompaktlığı və işinə nəzarətin asan olmasıdır.

Göstərilən üsulların çatışmazlıqlarını aradan qaldırmaq və üstünlüklərindən istifadə etmək üçün onların kombinəlaşdırılmış sistemini yaratmaq təklif olunur. Kombinəlaşdırmanın mahiyyətini xam suyun əks-osmoslu şirinləşdirilməsi və onun qalıq konsentratının termiki şirinləşdirilməsi təşkil edir.

Son 8-10 il ərzində yaranan bu yeni və perspektivli elmi-tədqiqatlar istiqamətində çox az işlər görülmüşdür. Kombinəlaşdırılmış şirinləşdirmə sistemlərində energetik qurğuların İEE-nin istifadəsinə əsaslanan enerjiqənaətlı texnologiyaların yaradılması istiqamətində bundan da az tədqiqatlar aparılmışdır.

Son illərdə Abşeronda modul tipli iki dizel elektrik stansiyası (DES) quraşdırılmışdır. Bakı dizel elektrik stansiyası (BDES – 12 modul hər biri 8,7 MVt) və Səngəçal dizel elektrik stansiyası (SDES –18 modul hər biri 16,7 MVt). Bu DES-lərin işləri böyük miqdarda ikinci enerji ehtiyatlarının atılması ilə xarakterizə olunur: mühərriklərin soyutma sistemlərindən atılan istilik, eləcə də temperaturu 500⁰C olan yanma məhsulları. Bütün bunlar qeyd olunan İEE-nin hesabına regionun minerallı sularının kombinəlaşdırılmış şirinləşdirmə texnologiyalarının yaradılması məsələsini aktuallaşdırır.

Şirinləşdirmə sistemlərinin işinin effektivliyinin artmasının əsas şərti membran və qızma səthlərinin üzərində kalsium ərplərinin qarşısının alınmasıdır. Müasir qurğularda bu problem əsasən dəniz suyunun turşulaşdırılması və antiərplərin əlavə olunması ilə həll edilir. Bu üsul sadədir, ancaq ekoloji cəhətdən əlverişli deyil, belə ki, əlavə olunan antiərplər konsentratın tərkibində dənizə atılır və ətraf mühitə zərər vurur. Bundan əlavə, antiərplər yüksək temperaturlarda termolizə uğrayırlar. Buna görə də buxarlanmanın maksimal temperaturu 100-110⁰C həddində məhdudlaşdırılır. Bu isə şirinləşdirməyə çəkilən xərclərin artmasına səbəb olur.

Ekoloji və texnoloji baxımdan professor H.Q.Feyziyev tərəfindən işlənmiş minerallı suların ion-mübadiləli yumşaldılma (Mg-, Na-kationlaşdırma) texnologiyası daha səmərəli hesab olunur. Bu texnologiyada kationitin regenerasiyasını şirinləşdirmə mərhələsinin konsentratı ilə aparmaq nəzərdə tutulur. Şirinləşdirilən suyun yumşaldılması üçün sulfat probleminin həllində perspektivli və ekoloji təmiz üsullar sırasına nanosüzülmənin tətbiqini də aid etmək olar. Ancaq Xəzər dənizi və Abşeronun yeraltı şoran sularının yumşaldılmasında bu üsulun imkanları praktiki olaraq öyrənilməmişdir.

Deyilənlərə əsaslanaraq işin məqsədi və konkret məsələləri formalaşdırılır.

İkinci fəsildə BDES və SDES-in İEE-nin utilizasiyası ilə Abşeronun minerallı sularının membran-termiki şirinləşdirilməsi texnoloji sxemləri təklif olunmuşdur. Bu sxemlərdə sulfat probleminin həlli Mg-Na-kationlaşdırma və nanosüzülmə üsulları ilə nəzərdə tutulmuşdur. Burada Abşeronun minerallı sularının qısa xarakteristikası və DES-lərin şirinləşdirməyə yararlı enerji potensialının kəmiyyətə qiymətləndirilməsi verilmişdir.

Minerallı suların şirinləşdirilməsində DES-in istifadə oluna bilən İEE-nin hesablanması üçün aşağıdakı düstur alınmışdır, MVt:

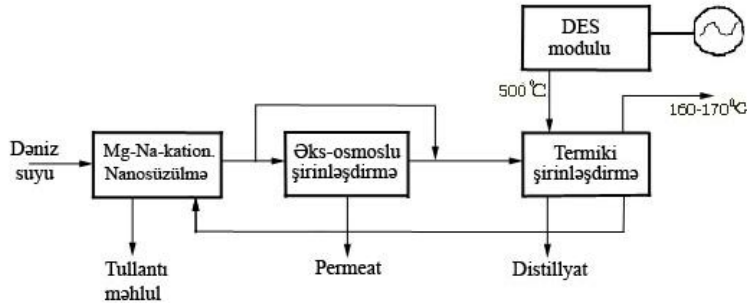
$$Q_{IEE} = W_{el} \cdot (1 - \eta_{el} - \varphi_{it}) / \eta_{el}, \quad (1)$$

burada W_{el} – modulun elektrik gücüdür, MVt; η_{el} – aqreqatın f.i.ə.; φ_{it} – tüstü qazları ilə itən istiliyi nəzərə alan əmsəldir.

Təyin olunmuşdur ki, utilizasiya yolu ilə temperaturun 500⁰C-dən 170⁰C-dək azaltmaqla, şirinləşdirməyə SDES-in hər modulundan 6 MVt istilik enerjisi istifadə edilə bilər. Hesablamalar göstərir ki, SDES bir modulundan atılan istilikdən istifadə etməklə çoxpilləli buxarlandırıcı qurğuda nəzəri olaraq orta hesabla 4 min. m³/sut distillyat almaq olar.

İrimiqyaslı şirinləşdirmə üçün şəkil 1-də gətirilmiş funksional sxemə uyğun olaraq əks-osmos və termiki üsullardan istifadə etməklə ikimərhələli kombinəlaşdırılmış şirinləşdirmə sistemi səmərəli hesab olunur.

Sxemdə xam suyun ion-mübadiləli və ya nanosüzülməli yumşaldılması, yumşaldılan suyun hamısının və ya bir hissəsinin əks-osmoslu şirinləşdirilməsi, DES-in modullarının yanma məhsullarının istiliyindən istifadə etməklə əks-osmos mərhələsinin konsentratının və ya onun yumşaldılmış su ilə qarışığının termiki şirinləşdirilməsi nəzərdə tutulmuşdur. Xam suyun ion-mübadiləli yumşaldılmasında kationitin regenerasiyasını termiki şirinləşdirmə mərhələsinin qalıq konsentratı ilə aparmaq nəzərdə tutulmuşdur.



Şəkil 1. Kombinəlaşdırılmış şirinləşdirmə sisteminin funksional sxemi

Termiki şirinləşdirmə mərhələsində qaynayan tipli çoxpilləli distillyasiya qurğuları ilə bərabər ani qaynayan qurğuların müxtəlif modifikasiyalarından istifadə etməklə texnoloji sxemlər işlənilmişdir.

Təqdim olunan texnoloji sxemlərin ilkin tədqiqatlarının aparılması məqsədilə distillyatın və permeatın sərfinin hesablanması üçün maddi və istilik balans tənlikləri əsasında müvafiq düsturlar alınmışdır, kq/san:

$$G_{dis} = 10^3 Q_{IEE} / g, \quad (2)$$

$$G_{per} = 10^3 Q_{IEE} \cdot C_{uf} \cdot (1 - \alpha) / g \cdot \alpha \cdot (C_{uf} - \alpha^{-R} \cdot C_0), \quad (3)$$

burada C_0 və C_{uf} – uyğun olaraq xam və üflənən suların duzluluğudur, q/l; α – əks-osmos qurğusunun (ƏOQ) konsentratının çıxımıdır; R – membranların selektivliyidir; g – şirinləşdirməyə istifadə olunan tullantı istiliyin xüsusi sərfidir, kC/kq.

Bu düsturla aparılan hesablamalardan görünür ki, SDES-in hər modulunun yanma məhsullarının tullantı istiliyinin hesabına 4 min. t/sut distillyatla yanaşı 16 min. t/sut permeat da istehsal oluna bilər.

Üçüncü fəsil regionun minerallı sularının şirinləşdirilmə mərhələsinin ərsiz iş rejiminin şərtlərinin işlənilməsinə həsr olunmuşdur.

Karbonat ərpinin əmələgəlmə potensialını Lanjelye indeksi, sulfat ərpinin əmələgəlmə potensialını isə konsentratının CaSO_4 -lə doyma dərəcəsi əsasında qiymətləndirilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, tədqiq olunan suların əksəriyyəti üçün Lanjelye indeksi müsbətdir: 1-3 təşkil edir. Kalsium sulfat duzuna görə isə bu mənbələrin 70%-i üçün doyma dərəcəsi təmin olunmur. Beləliklə, proqnozlaşdırmaq olar ki, regionun şoran sularının əks-osmoslu şirinləşdirilməsi zamanı əsas çətinlik membran üzərində kalsium karbonat ərpinin yaranması ilə əlaqədardır.

İkinci mərhələdə kombinəlaşdırılmış şirinləşdirmə prosesində ƏOQ-dən termiki distillyasiya qurğusuna (TDQ) verilən konsentratın ərp əmələgəlmə potensialı tədqiq olunmuşdur. Təyin olunmuşdur ki, kombinəlaşdırılmış şirinləşdirmə sistemlərində şoran və Xəzər dənizi suları üçün TDQ-nın konsentratı yüksək sulfat ərpinin əmələgəlmə potensialı ilə xarakterizə olunurlar. Şoran sular üçün TDQ-nın konsentratının bu duza doyma dərəcəsi $K_{\text{CaSO}_4}^{\text{TDQ}}$ 5,9-24,3 həddində olur, Xəzər dənizinin suyu üçün isə ~6,3 təşkil edir. Ədəbiyyatda verilən məlumatlara əsasən müasir antiərpilər CaSO_4 ərpinin yaranmasının qarşısını $K_{\text{CaSO}_4}^{\text{TDQ}} \leq 2,3$ olduqda ala bilərlər. Beləliklə, Abşeronun minerallı sularının kombinəlaşdırılmış şirinləşdirmə sistemlərində sulfat ərpinin

yanarması probleminin radikal həlli yolu şirinləşdirilən sudan Ca və (və ya) SO_4 ionlarının Mg-Na-kationlaşdırma və ya nanosüzülmə üsullarından biri ilə əvvəlcədən xaric olunmasıdır. Ərp probleminin qəbul olunmuş həlli prinsipi kimi ərp əmələgətirən ionların əvvəlcədən xaric olunması şirinləşdirilən suda bu ionların buraxıla bilən qalıq konsentrasiyası həddinin elmi cəhətdən əsaslandırılmasını vacib edir. Bununla əlaqədar kalsiumun buraxıla bilən konsentrasiyasını hesablamaq üçün metodika işlənilmişdir və müvafiq düsturlar alınmışdır.

Təyin olunmuşdur ki, xam suda CaSO_4^0 , MgSO_4^0 , NaSO_4^- , CaOH^+ assosiatların, eləcə də əks-osmos şirinləşdirmə mərhələsində konsentrasiya polyarizasiyası hadisəsinin mövcudluğu kalsiumun buraxıla bilən konsentrasiyasına əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir: 30%-dən 30 dəfəyədək. Bu düsturlarla aparılan hesablamaların nəticələri cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1

buraxıla bilən

Şirinləşdirmə qurğuların yumşaldılmış suyunda kalsiumun konsentrasiyası, mkq-ekv/l ($\alpha=0,3-0,4$; $\gamma=0$; $R=0,995$)

Suların növləri	ƏOQ	ƏOQ+TDQ
Şoran sular	$\frac{7-153}{6200-12000}$	$\frac{0,02-0,08}{16-740}$
Xəzər dənizinin suyu	$\frac{106-115}{8500-12900}$	$\frac{0,22-0,28}{430-3800}$

Cədvəldən göründüyü kimi CaSO_4 -ə nisbətən CaCO_3 ərpinin yaranmasının qarşısının alması üçün daha dərin yumşaldılma tələb olunur. Ancaq, kombinləşdirilmiş sistemlər üçün tələb olunan bu dərəcədə dərin kalsiumsuzlaşdırma ($<0,5$ mkq-ekv/l) praktiki olaraq mümkün deyildir. Ona görə karbonat ərpinin yaranması probleminin yeganə həlli üsulu şirinləşdirilən suyun turşulaşdırılmasıdır.

Ədəbiyyatda verilən məlumatlara görə Xəzər dənizinin və tədqiq olunan şoran suların bir hissəsi üçün Mg-Na-kationlaşdırma ilə kalsiumsuzlaşdırmanın tələb olunan səviyyəsi əldə edilə bilər. Duzluluğu 2-4 q/l və codluluğu 2-14 mq-ekv/l olan şoran sularının dörd faktorlu eksperimentin riyazi planlaşdırma üsulu ilə kalsiumun orta qalıq konsentrasiyasını daxil etməklə - $C_{\text{Ca,yum}}$ ion-mübadilə prosesinin texnoloji göstəricilərinin hesablanması üçün reqressiya tənlikləri alınmışdır. Təyin olunmuşdur ki, $C_{\text{Ca,yum}}$ 10-60 mkq-ekv/l həddində olur və aşağıdakı tənliklə hesablanı bilər:

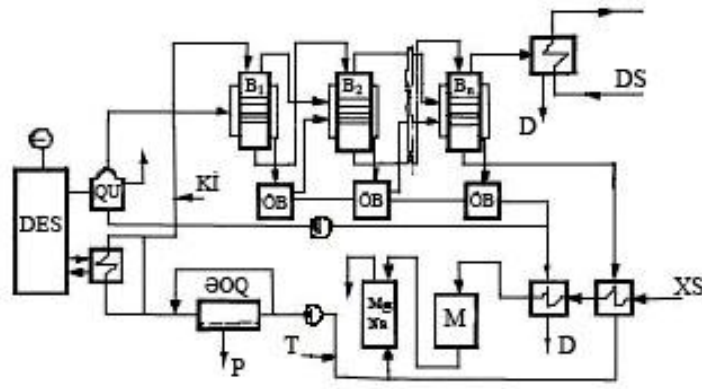
$$C_{\text{Na,yum}} = 4,61 + 0,85C_{\text{Ca}} + 1,1C_{\text{Mg}} + 0,4C_{\text{Na}} + 0,35C_{\text{e}} + 0,05C_{\text{Ca}}C_{\text{Na}} - 0,07C_{\text{Na}}C_{\text{k}} \quad (4)$$

ROSA proqramına daxil edilmiş müasir nanomembranların analitik tədqiqi ilə təyin olunmuşdur ki, NF-90-400 membranları yüksək selektivliklə xarakterizə olunur: $R_{\text{Ca}}=97,8\%$; $R_{\text{SO}_4}=98,1\%$. Şirinləşdirilən suyun Ca və SO_4 -dən belə dərin təmizlənməsi ərpsiz rejimdə yüksək temperaturlu termiki distillyasiya prosesinin təşkili üçün yeni imkanlar yaradır. Bununla əlaqədar Xəzər dənizi suyunun misalında NF_p-ƏOQ_k-TDQ sxemi tədqiq olunmuşdur. Bu sxemə əsasən NF-in permeatı ƏOQ-nun, sonuncunun konsentratı isə TDQ-nin bəslənməsi üçün istifadə edilir. Təyin olunmuşdur ki, belə sxem ƏOQ-nın konsentratının yüksək temperaturlarda termiki distillyasiyasını aparmağa imkan yaradır: 162°C birinci pillədə, 60°C sonuncu pillədə. TDQ-dən üflənən məhlulun konsentrasiyası 80 q/l təşkil edir.

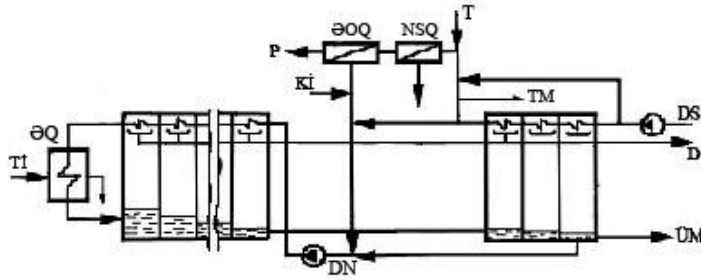
Dördüncü fəsil DES-nin İEE-nin utilizasiyası ilə minerallı suların kombinləşdirilmiş şirinləşdirilməsi sistemlərinin riyazi modellərinin işlənilməsinə və onların əsasında tədqiqinə həsr olunmuşdur.

Sistemlilik prinsipinə riayət edərək kombinləşdirmiş şirinləşdirmə texnologiyasının müxtəlif variantları tədqiq olunmuşdur. Bu sxemlərdən ikisi şəkil 3-də verilmişdir.

ƏOQ-nın konsentratı ilə birgə Mg-Na-kationlaşdırılmış suyun bir hissəsinin qarışığı ÇBQ-nın bəslənməsinə istifadə edilməsini nəzərə alaraq,



a)



b)

Səkil 2. Kombinəlaşdırılmış şirinləşdirmə sisteminin texnoloji sxemləri

a – çoxpilləli qaynayan tipli üfüqi təbəqəli buxarlandırıcı (ÇBQ); b – çoxpilləli ani qaynayan buxarlandırıcı (ÇAQ); XS-xam su; D-distillyat; P-permeat; M-mexaniki süzgəc; QU-qazan-utilizator; ƏOQ-əsas qızdırıcı; NSQ-nanosüzülmə qurğusu; T-turşu; DS-dəniz suyu; Tİ-tullantı istilik; DN-dövrü nasos; B-buxarlandırıcı; ÖB-öz-özünə buxarlandırıcı.

həmin qurğunun suyunun duzluluğunun ($C_{b.s}^{CBQ}$), onun sərfinin ($G_{b.s}^{CBQ}$), eləcə də üflənən suyun sərfinin ($G_{ü.s}$) hesablanması üçün işlənmiş riyazi modellərə aşağıdakı düsturlar daxildir:

$$C_{b.s}^{CBQ} = C_{x.s} \left(\gamma + \alpha(1-\gamma) \cdot \alpha^{-R} \right) / (1 - (1-\alpha)(1-\gamma)), \quad (5)$$

$$G_{b.s}^{CBQ} = (1 - (1-\alpha)(1-\gamma)) \cdot G_{x.s}, \quad (6)$$

$$G_{ü.s} = G_{dis} \cdot C_{b.s}^{CBQ} / (C_{ü.s} - C_{b.s}^{CBQ}), \quad (7)$$

burada γ – baypas olunan suyun payıdır; $G_{x.s}$ – xam suyun sərfidir, kq/s.

Birinci sxemə görə (şəkl. 2a) kondensatda işləyən qazan-utilizatorda qızdırıcı buxar alınır, modulun soyutma sisteminin istiliyi hesabına qızdırılan ƏOQ-nın konsentrasiı isə üfüqi-təbəqəli çoxpilləli buxarlandırıcı qurğunun (ÇBQ) bəsləyici suyu kimi istifadə edilir. Kondensatın və sonuncu pillənin buxarının istiliyi xam suyun 35-40°C-dək qızdırılmasına istifadə olunur. Sulfat problemi Mg-Na-kationlaşdırma ilə həll olunur.

Şəkil 2b-də verilmiş sxemdə termiki şirinləşdirmə üçün iki seksiyalı ani qaynayan buxarlandırıcı qurğudan istifadə olunur. Bu sistemin xüsusiyyəti nanosüzülmə ilə ƏOQ-nın termiki qurğunun soyuducu və regenerativ pillələrinin arasında qoşulmasından ibarətdir. Burada NSQ-nın və ƏOQ-nın bəsləyici suyu çoxpilləli ani qaynama qurğusunun (ÇAQ) soyuducu pillələrinin istiliyi ilə qızdırılır. Dövr edən suyun əsas qızdırıcıda qızdırılması DES-in modulunun yanma məhsullarının istiliyi hesabına həyata keçirilir.

Hər texnologiyanın tədqiqi maddi və istilik balans, istilik ötürmə tənliliklərini, gizli buxarlanma istiliyini, əlaqə və məhdudiyyət tənliliklərini nəzərə almaqla işlənmiş riyazi modellərin əsasında aparılmışdır.

İşlənmiş modellərin əsasında prosesin əsas faktorlarının (ÇBQ-nın pillələrinin sayının – n, ƏOQ-nın konsentrasiının çıxımının – α , qızdırıcı buxarın temperaturunun – t_q , ÇBQ-nın sonuncu pillədə buxarlanma tempertaturu – t_n və s.) bir sıra texnoloji göstəricilərə təsiri tədqiq edilmişdir:

qızdırıcı buxara nisbətən distillyatın çıxımına (d , %); ÇBQ-ya daxil olan ƏOQ konsentratına görə distillyatın çıxımına (d_1 , %); xam suya nisbətən distillyatın və permeatın çıxımına (uyğun olaraq d_2 və d_3 , %); bütün sistemə görə şirinləşdirilmiş suyun çıxımına (d_4 , %); termiki şirinləşdirmə mərhələsinin energetik effektivlik göstəricisi (η_e , (kq/san)/MVt) istifadə olunan istilik, xüsusi qızma səthi (f , $m^2/(kq/s)$) və s.

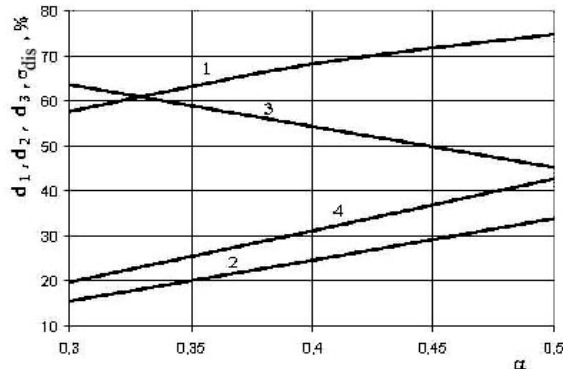
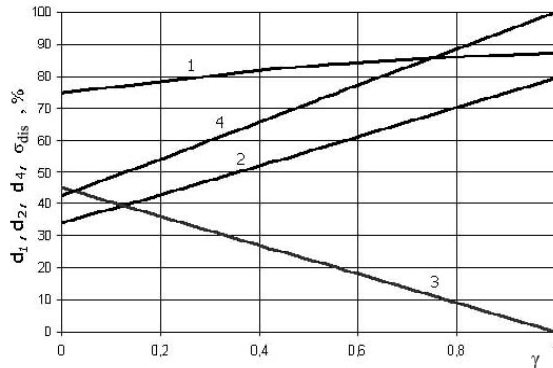
Kompyuter
tədqiqat-larının
nəticələrinə görə
ÇBQ-nın pillələrinin
sayının 3-dən 12-dək

Bu halda
distillyatın çıxımı (d)
və qızma səthi (f)
uyğun olaraq təxminən
4 və 2 dəfə artır. 6
MVt istiliyi utilizasiya
etməklə 8-32,4 kq/san
distillyat istehsal
etmək mümkündür.
Bütün sistemə görə
şirinləşdirilmiş suyun
çıxımı 79,2% təşkil
edir.

Baypas olunan
suyun payının 0-dan
1-dək artırılması
(şəkl.3) şirin-
ləşdirilmiş suda distill-
yatın payının (σ_{dis})
42%-dan 100%-dək
yüksəlməsinə imkan
yaradır, amma bu
halda şirinləş-dirilmiş
suyun ümumi çıxımı
azalır.

ƏOQ-nın
konsentra-tının
çıxımının 30%-dən
50%-dək artması σ_{dis} -

n	-	3	6	9	12
D_{QU}	kq/san	0,29	0,15	0,1	0,07
d	kq/kq	3,34	6,76	10	14,3
g	kC/kq	750	370	250	180
f	$m^2/(kq/san)$	31.0	47.8	64.6	75.8



Şəkl.3. Şirinləşdirmənin xüsusi göstəricilərinin baypas olunan suyun payından asılılığı. 1-d₁; 2-d₂; 3-d₄; 4-s_{dis}. (t_{ü.s}=60°C; n=3; α=0,5; C_{ü.s}=100 q/l)

Şəkl.4. ƏOQ-nın konsentratının çıxımının əsas texnoloji göstəricilərə təsiri. 1-d₁; 2-d₂; 3-d₄; 4-s_{dis} (t_{ü.s}=60°C; n=3; γ=0; C_{ü.s}=100 q/l)

İki seksiyalı ani qaynama buxarlandırıcılı şirinləşdirmə sxeminin tədqiqinə görə (cədvəl 2) ÇAQ-nın soyutma seksiyasında pillələrin sayını sabit (3 ədəd) saxlamaqla ümumi pillələrin sayının 6-dan 14-dək artırılması alınan permeatın sərfinin və tullantı istiliyin istifadəsinin energetik effektivliyinin (η_e) orta hesabla 2,2 dəfə artmasına gətirir. Pillələrin sayından asılı olmayaraq distillyatın payına şirinləşdirilmiş suyun cəminin ~20%-i düşür.

Cədvəl 2

ÇBQ-nın pillələrinin sayının kombinləşdirilmiş şirinləşdirmə sisteminin çıxış göstəricilərinə təsiri

№	Göstəricilər	Ölçü vahidi	n				
			6	8	10	12	14

olan təsirinə görə aparılmışdır. Optimallaşdırılma faktorlarına ƏOQ-nın konsentratının çıxımı (α), baypas olunan suyun payı (γ), TDQ-nın pillələrinin sayı (n), birinci və sonuncu pillələrdə buxarlanma temperaturları (t_0 , $t_{ü.s}$), üflənən suyun duzluluğu ($C_{ü.s}$) aiddir. XGX-nin dəyişən hissəsini hesablamaq üçün aşağıdakı model seçilmişdir:

$$Z_{d\ddot{y}} = \frac{a_{\ddot{O}OQ} + P_{n,\ddot{O}OQ}}{\tau} \cdot k_{\ddot{O}OQ} + \frac{a_{TDQ} + P_{n,TDQ}}{\tau} \cdot f_{bux} \cdot k_f + E_{el} \cdot (S_{\ddot{O}OQ} + S_{TDQ})$$

burada $a_{\ddot{O}OQ}$ və a_{TDQ} – amortizasiya ayrılımları normalarıdır; $k_{\ddot{O}OQ}$ – ƏOQ-nın məhsuldarlığına görə xüsusi kapital qoyuluşu, dol/(m³/saat); E_{el} – elektrik enerjisinin dəyəri, dol/kVt·saat; $S_{\ddot{O}OQ}$ və S_{TDQ} – elektrik enerjisinin xüsusi sərfi, kVt·saat/m³, k_f – TDQ-nın buxarlanma səthinə görə xüsusi kapital qoyuluşu, dol/m².

Skaner üsulu ilə qeyd olunan faktorların optimal qiymətlərinin seçilməsi məsələsi həll olunmuşdur. Səngəçal DES-nin modullarının hesabına işləyən dəniz suyunun kombinəlaşdırılmış şirinləşdirmə sistemi üçün bu faktorların optimal qiymətləri belə olmuşlar: $\alpha_{opt}=0,3$; $\gamma_{opt}=0$; $n=9$; $t_{0,opt}=160^{\circ}C$; $t_{ü.s,opt}=40^{\circ}C$; $C_{ü.s,opt}=80$ q/l.

Sulfat probleminin həlli üçün Mg-Na-kationlaşdırmanın və nanosüzülmənin xərclərinin müqayisəsi göstərir ki, Mg-Na-kationlaşdırmanın xərcləri ~10% azdır. Buna görə hal-hazırda üstünlüyü ionlaşdırma üsuluna vermək lazımdır. Amma nanomembranların istehsalında olan tərəqqini nəzərə alsaq onların yaxın gələcəkdə daha rəqabətli olacağı gözlənilir.

Hesablamaların nəticələrinə görə SDES-in bir modulunun istiliyinin utilizasiyası hesabına optimal şərtlərdə XGX dəyişən hissəsi – 0,48 dol/m³ olmaqla 2100 m³/sut distillyat və 10350 m³/sut permeat istehsal oluna bilər. Bu halda şirinləşdirilmiş suyun cəm XGX-si ~0,84 dol/m³, maya dəyəri 0,52 dol/m³, gözlənilən illik iqtisadi səmərə isə 256,8 min. dollar təşkil edir.

Təklif olunan şirinləşdirmə texnologiyalarının ekoloji effektivliyi atmosferin istiliklə çirklənməsinin (istixana effekti) azaldılmasıdır, belə ki, atmosfərə atılan yanma məhsullarının temperaturu 500⁰C-dən 170⁰C-yə salınır. Bundan əlavə, nəzərə alınsa ki, işlənən texnologiya üzrə şirinləşdirilən suyun ~20%-i tullantı istiliyin hesabıdır, avropa modelinə uyğun ekvivalent əks-osmos qurğusu ilə müqayisədə atmosfərə atılan zərərli maddələr belə azalır: CO₂- 3738 kq/sut, NO_x-8,5 kq/sut, SO_x - 23,4 kq/sut.

NƏTİCƏ

1. Abşeronda şirin su qıtlığını və burada fəaliyyət göstərən, temperaturu 500⁰C olan yanma məhsulları halında çox miqdarda tullantı və soyutma sistemlərinin alçaq potensiallı istiliyi ilə xarakterizə olunan, Bakı və Səngəçal dizel elektrik stansiyalarını nəzərə alaraq, bu DES-lərin ikinci enerji ehtiyatlarından istifadə etməklə əks-osmos və termiki distillyasiya üsulların kombinəlaşdırılmasına əsaslanan regionun minerallı sularının enerjiqənaətliliyi iki mərhələli şirinləşdirmə texnologiyalarının işlənilməsinin aktualılığı əsaslandırılmışdır.

2. Hesablama-analitik üsulla BDES və SDES-in şirinləşdirməyə yararlı ikinci enerji ehtiyatlarının miqdarı təyin edilmişdir. Göstərilmişdir ki, SDES-in hər modulunun yanma məhsullarının 6 MVt istiliyinin utilizasiyası hesabına 4 min.m³/sut distillyat almaq olar, ikimərhələli şirinləşdirmədə (əks-osmos + qalıq konsentratın termiki distillyasiyası) alınan şirinləşdirilmiş suyun (permeat + distillyat) miqdarını 20 min.m³/sutkaya çatdırmaq olar.

3. Abşeronun 20 yeraltı şoran su mənbəyinin və Xəzər dənizinin suyunun misalında ƏOQ və TDQ-nın konsentratlarının ərp əmələ gətirmə potensialı qiymətləndirilmişdir. Göstərilmişdir ki, karbonat ərpinin (CaCO₃) yaranmasının qarşısının alınması xam suyun turşulaşdırılması yolu ilə asan həll olunur. Termiki distillyasiya mərhələsində sulfat ərpinin (CaSO₄) yaranmasının qarşısını almaq və yüksək temperaturlu şirinləşdirməni təşkil etmək üçün ərp əmələ gətirən ionların əvvəlcədən xaric edilməsinin məqsədəuyğunluğu əsaslandırılmışdır.

4. Kombinəlaşdırılmış şirinləşdirmənin hər emal mərhələsinin çoxvariantlı reallaşdırılmasını və sistemin aparatür-texnoloji tərtibatını nəzərə alan texnoloji sxemlər işlənilmişdir. Sulfat

ərpinin yaranmasının qarşısını almaq üçün suyun ion-mübadilə və ya nanosüzülmə üsulu ilə yumşaldılması, yumşaldılmış suyun əks-osmoslu şirənləşdirilməsi, bir və çoxpilləli qaynayan və adiabat tipli buxarlandırıcı qurğularda DES-in modullarının tullantı istiliyinin hesabına qalıq konsentratın termiki şirənləşdirilməsi bu sxemlərin əsasını təşkil edir.

5. Xam suda assosiatların mövcudluğunu və əks-osmoslu şirənləşdirmə sistemlərində konsentrasiya polyarizasiya hadisəsini nəzərə almaqla bəsləyici suda kalsiumun buraxıla bilən konsentrasiyasının hesablanma metodikası işlənmişdir. Kombinəlaşdırılmış şirənləşdirmə sistemlərində ƏOQ-nın konsentratının termiki distillyasiya mərhələsində ərpsiz rejim təmin etmək məqsədilə yumşaldılmış suda kalsiumun buraxıla bilən konsentrasiyasını hesablamaq üçün düsturlar təklif olunmuşdur. Eksperimentin riyazi planlaşdırma üsulu ilə, yumşaldılmış suyun qalıq kalsium ehtiva dərəcəsi daxil olmaqla, şoran suların yumşaldılmasının texnologiyası göstəricilərini hesablamaq üçün regressiya tənlikləri alınmışdır.

6. ROSA kompüter programından istifadə etməklə Xəzər dənizi suyunun nanosüzülmə üsulu ilə yumşaldılmasının effektivliyi tədqiq olunmuş və göstərilmişdir ki, bu üsul ƏOQ mərhələsində CaSO_4 -ün yaranma təhlükəsini tam aradan qaldırır, DŞQ mərhələsində ƏOQ-nın konsentratının yüksək temperaturlu ($120-180^\circ\text{C}$) termiki şirənləşdirilməsinə imkan yaradır və şirənləşdirilmiş suyun çıxımını sistem üzrə 80%-ə çatdırmağa imkan verir.

7. Minerallı suların kombinəlaşdırılmış şirənləşdirmə sistemlərinin müxtəlif texnologiyalarının riyazi modelləri işlənmişdir. Bu modellərin kompüter tədqiqatları ilə emal mərhələlərinin giriş faktorlarının və rejim göstəricilərinin sistemin çıxış texnologiyası göstəricilərlə toplusuna təsiri öyrənilmişdir.

8. Texniki-iqtisadi kriteriyaya görə kombinəlaşdırılmış şirənləşdirmə texnologiyalarının optimallaşdırma modeli işlənmişdir. Prosesin təşkilinin optimal parametrləri təyin olunmuşdur və SDES-in misalında göstərilmişdir ki, hər modulun tullantı istiliyinin utilizasiyası ilə $10,4 \text{ min.m}^3/\text{sut}$ permeat və $2 \text{ min. m}^3/\text{sut}$ distillyat almaq olar. İşlənmiş şirənləşdirmə sistemlərinin iqtisadi səmərəliliyi əsaslandırılmışdır. Göstərilmişdir ki, tullantı istiliyi utilizə etməklə kombinəlaşdırılmış şirənləşdirmə, ekvivalent əks-osmoslu şirənləşdirmə ilə müqayisədə, atmosferin istiliklə çirklənməsini və atılan zərərli maddələrin miqdarını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır.

NƏŞR OLUNMUŞ MƏQALƏLƏRİN SIYAHISI

1. Агамалиев М.М., Ахмедова Д.А., Мамедбекова Р.Г., Джавадова Х.А. Исследование условий выпадения кальциевых отложений при обратноосмотическом опреснении солоноватых вод Апшерона. Проблемы энергетики, №4, Баку, 2005, ЕЛМ, с. 82-90.

2. Мамедбекова Р.Г., Джавадова Х.А., Ахмедова Д.А. Исследование некоторых особенностей технологий обратноосмотического опреснения солоноватых вод при подготовке добавочной воды котлов ТЭС. Проблемы энергетики, №3-4, Баку, 2006, ЕЛМ, с. 55-59.

3. Агамалиев М.М., Ахмедова Д.А., Червонская Э.Я. Ионнообменное умягчение солоноватых вод перед обратноосмотическим опреснением. Beynəlxalq elmi-praktiki konfransın materialları. Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, Bakı, 2006, səh. 137-143.

4. Ахмедова Д.А., Дадашова О.О., Червонская Э.Я. Методика расчета допустимой концентрации кальция в питательной воде обратноосмотических опреснительных установок. *Экоэнергетика*, №1, Баку, 2007, с. 52-56.
5. Ахмедова Д.А. Результаты исследования процессов катионитного умягчения соленоватых вод перед обратноосмотическим обессоливанием. Республиканская научная конференция аспирантов и молодых исследователей, посвященная 85 летнему юбилею общенационального лидера Гейдара Алиева, АГНА, Баку, 2008, с. 109-111.
6. Агамалиев М.М., Ахмедова Д.А. Натрий-катионитное умягчение перед обратноосмотическим и комбинированным опреснением соленоватых вод. *Экология и водное хозяйство*, №5(26), Баку, 2009, с.32-37.
7. Агамалиев М.М., Ахмедова Д.А., Мамедбекова Р.Г. Исследование влияния ассоциатов и концентрационной поляризации на допустимую концентрацию кальция в питательной воде при обратноосмотическом опреснении. *Известия высших технических учебных заведений Азербайджана*, №4(68), Баку, 2010, АГНА, с.39-43.
8. Абдуллаев К.М., Агамалиев М.М., Ахмедова Д.А. Технология комбинированного опреснения минерализованных вод с использованием вторичных энергоресурсов дизельных электростанций модульного типа, *Проблемы энергетики*, №2, Баку, 2010, ЕЛМ, с. 33-46.
9. Агамалиев М.М., Ахмедова Д.А., Зюлфюгарова Х.М. Результаты исследований системы утилизационного комбинированного опреснения соленоватых вод. Материалы международной научной конференции «Нефть-газ, нефтепереработка и нефтехимия», №5-6(69-70), Баку, 2010, АГНА, с.230-232.
10. Агамалиев М.М., Ахмедова., Мамедбекова Р.Г. Системы комбинированного опреснения соленоватых вод с утилизацией бросового тепла дизельных электростанций. Материалы международной научной конференции «Нефть-газ, нефтепереработка и нефтехимия», №5-6(69-70), Баку, 2010, АГНА, с. 241-243.
11. Ахмедова Д.А. Исследование технологической схемы опреснения морской воды с использованием бросового тепла Сангачальской дизельной электростанции. Материалы XV Республиканской научной конференции докторантов и молодых ученых, Изд. «Баки Университети», Баку, 2011, с.182-184.
12. Агамалиев М.М., Ахмедова Д.А. Энергосберегающая технология комбинированного опреснения морской воды. *Энергосбережение и водоподготовка*, №5(73), Москва, 2011, с.37-40.
13. Агамалиев М.М., Ахмедова Д.А., Мамедбекова Р.Г. Технология комбинированного опреснения морской воды на основе установок обратного осмоса и испарителей мгновенного вскипания. *Проблемы энергетики*, №2, Баку, 2011, ЕЛМ, с. 82-93.
14. Абдуллаев К.М., Агамалиев М.М., Ахмедова Д.А. Анализ технических аспектов системы комбинированного опреснения минерализованных вод с утилизацией ВЭР дизельных ТЭС. *Известия высших технических учебных заведений Азербайджана*. №5(81), Баку, 2012, АГНА, с.67-73.
15. Абдуллаев К.М., Агамалиев М.М., Ахмедова Д.А. Использование бросового тепла продуктов сгорания Сангачальской ДЭС для опреснения морской воды. *Проблемы энергетики*, №1, Баку, 2012, ЕЛМ, с. 45-54.
16. Агамалиев М.М., Алиева О.О., Ахмедова Д.А. Результаты исследования стадии обратного осмоса системы комбинированного опреснения морской воды. *Экология и водное хозяйство*, №1, Баку, 2013, с.3-9.
17. Абдуллаев К.М., Агамалиев М.М., Ахмедова Д.А. Технологии опреснения минерализованных вод с использованием вторичных энергоресурсов дизельных электростанций. *Xəzər Beynəlxalq Su Texnologiyaları konfransının materialları*, Bakı, 12 aprel 2013, səh. 478-488.
18. Ахмедова Д.А. Допустимая концентрация кальция для предотвращения образования сульфата кальция в обратноосмотических установках. *Azərbaycan xalqının Ümummilli lideri*

Heydər Əliyevin anadan olmasının 90 illiyinə həsr olunmuş «Azərbaycan 2020: neft-qaz sənayesinin inkişaf perspektivləri» adlı elmi-praktiki konfransının materialları. Bakı, 2013, səh. 136-138.

19. Ахмедова Д.А. Оптимизационные и эколого-экономические аспекты систем комбинированного опреснения морской воды. Экология и водное хозяйство, №4, Баку, 2013, с.3-10.

20. Abdullayev K.M., Ağamalıyev M.M., Əhmədova C.A., Əlizadə A.S. Kombinəlaşdırılmış şirinləşdirmə-istilik təchizatı sisteminin riyazi modelinin işlənilməsi. Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, №6, Bakı, 2014, ADNA, səh.67-72.

21. Агамалиев М.М., Ахмедова Д.А., Мамедбекова Р.Г. Предотвращение сульфатного накипеобразования методом нанофильтрации в комбинированных системах опреснения каспийской воды. Su problemləri: Elm və Texnologiyalar, №2, Баку, 2015, «AZƏRSU» ASC, стр. 60-69.

АХМЕДОВА ДЖАХАН АРИФ кызы

**РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОПРЕС-НЕНИЯ
МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БРОСОВОГО ТЕПЛА
ДИЗЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ.**

Р Е З Ю М Е

С учетом дефицита пресной воды на Апшероне и наличия здесь Бакинской и Сангачальской дизельных электростанций (БДЭС и СДЭС), характеризующихся бросовым теплом в виде продуктов сгорания с температурой 500°C , обоснована актуальность разработки энергосберегающих технологий с использованием этого тепла для опреснения воды Каспийского моря и подземных солоноватых вод. Предложена двухстадийная система опреснения, основанная на комбинировании обратноосмотического и термического методов. В основу этих систем положен принцип предотвращения сульфатного накипеобразования ионообменным или нанофильтрационным умягчением, обратноосмотического опреснения умягченной воды, термического опреснения остаточного концентрата с использованием бросового тепла модулей ДЭС.

Выполнена расчетно-аналитическая оценка количества вторичных энергоресурсов БДЭС и СДЭС, пригодных для опреснения. Показано, что путем утилизации только тепла продуктов сгорания каждого модуля СДЭС может быть выработано до 20 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ опресненной воды.

Разработана методика расчета допустимой концентрации кальция в опресняемой воды. Получены уравнения регрессии для расчета технологических показателей умягченной воды солоноватых вод. Разработаны математические модели различных вариантов предложенных комбинированных систем опреснения и выполнено их компьютерное исследование.

Определены оптимальные условия реализации процесса комбинированного опреснения и обоснована их эколого-экономическая эффективность.

AHMADOVA CAHAN ARIF

**ELABORATION OF THE TECHNOLOGY FOR COMBINED
DESALINATION OF MINERAL WATERS ON THE ACCOUNT
OF WASTE HEAT OF DIESEL POWER STATIONS**

SUMMARY

Taking into account the shortage of soft water, the urgency of power saving desalination of Caspian Sea and underground salty waters of Absheron was proven by using waste heat with temperature 500°C from Baku and Sangachal diesel power stations (BDPS and SDPS). A combined system was offered for the desalination of such waters which is based on the joint operation of reverse osmosis and thermal desalination. The basis of these schematics comprise the softening of the desalinated water with ion-exchange and nano-filtration for avoiding the calcium residue build-up on the membranes, desalination of the softened water in reverse osmosis, high temperature thermal desalination of the reverse osmosis residual concentrate on the account of waste heat of the diesel power stations.

The volume of the secondary power resourses that are exhausted from BDPS and SDPS and

reusable for desalination are assessed by mathematical-analytical way. It is proved that it is possible to get desalinated water about 20 thousand m³/day on the basis of utilization exhausted from each module of SDPS.

The design procedure of admissible concentration of calcium in freshened waters is developed. The equations of regress for calculation of technological indicators softened water of saltish waters are received. Mathematical models of various variants of the offered combined systems desalination are developed and their computer research is executed.

Optimum conditions of realisation of process combined desalination are defined and their ekologo-economic efficiency is proved.