

## XƏZƏR DƏNİZİ SUYUNUN ƏKS – OSMOS ŞİRİNLƏŞDİRMƏ TEXNOLOGİYASININ HYDRANAUTİCS KOMPÜTER PROQRAMI İLƏ TƏDQIQI

K.M. ABDULLAYEV, C.Ə. ƏLİYEV

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti,  
Bakı, AZ-1010, Azadlıq küç., 20

Məqalədə ABŞ-ın “Hydranautics” şirkətinin eyni adlı kompüter proqramı vasitəsi ilə Xəzər dənizi suyunun əks-osmos şirinləşdirilmə texnologiyasının tədqiqi imkanları araşdırılır. Bu proqram vasitəsi ilə etibarlı hesablamaların və yeni biliklərin alınmasının mümkünlüyü əsaslandırılmışdır.

**Açar sözlər:** əks-osmos, Hydranautics, lanjeliye indeksi.

**UOT:** 628.165

Müasir dövrün ən aktual problemlərindən biri şirin (içməli) suyun çatışmazlığı problemi. Azərbaycanın şirin su ehtiyatları olduqca azdır və bu göstəriciyə görə respublikamız Zaqafqazıyanın ən kasıb ölkələrindən hesab olunur [1].

Statistikaya görə, Yer kürəsindəki su ehtiyatının 97,5%-i şor (içməyə yararsız), yalnız 2,5%-i içməli sudan ibarətdir. Yer kürəsi ərazisinin 71%-ni təşkil edən  $1.46 \cdot 10^9 \text{ km}^3$  su ehtiyatının cəmi  $31 \cdot 10^6 \text{ km}^3$  şirin sudur ki, bunun da 96%-i bərk haldadır. Maye vəziyyətində olan su ümumi şirin su həcminin təxminən 0,8-1%-ni təşkil edir. İnkişaf etməkdə olan ölkələrdə 80% xəstəliklər və ölüm hadisələri məhz içməli suyun çatışmazlığı ilə bağlıdır. İnsanlar arasında yayılan xəstəliklərin 80-85%-i çirkli suların istifadə ilə bağlıdır [2].

Hal hazırda su ehtiyatlarının paylanması şəkil 1-də verilib [3].

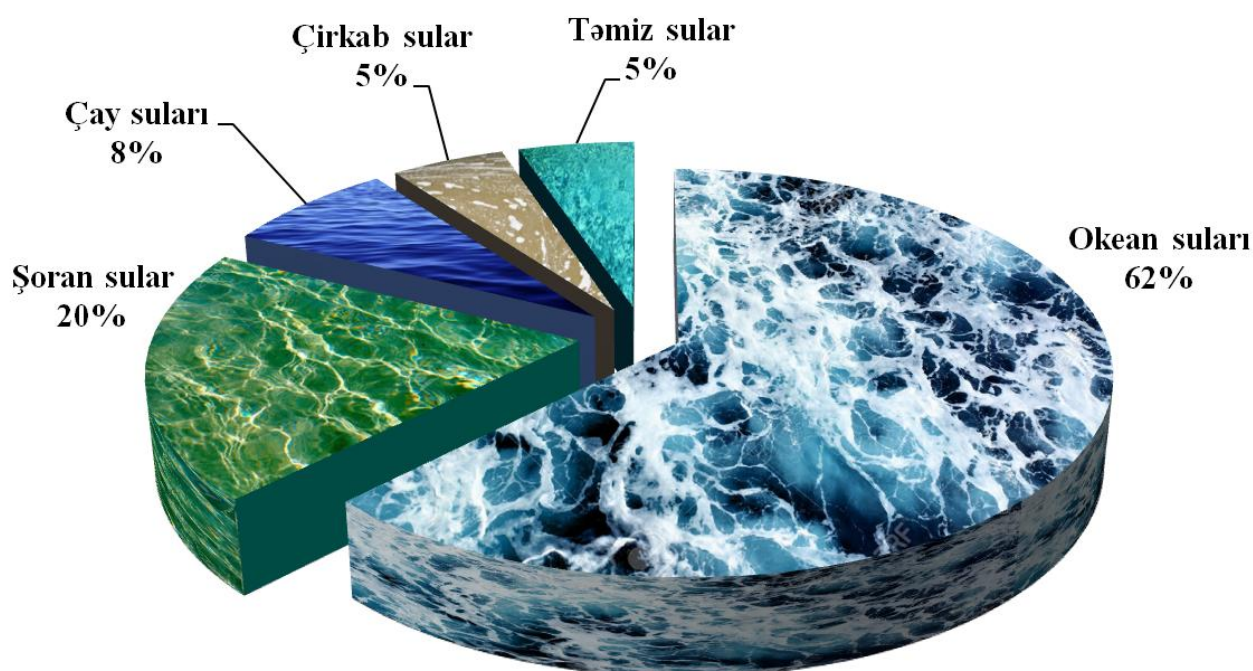
Dünyada təmiz içməli su əldə etmək üçün ən əlverişli yol kimi tükənməz ehtiyatlar olan dəniz, okean və yeral-

tı şoran sularının şirinləşdirmə texnologiyaları hesab edilir [4].

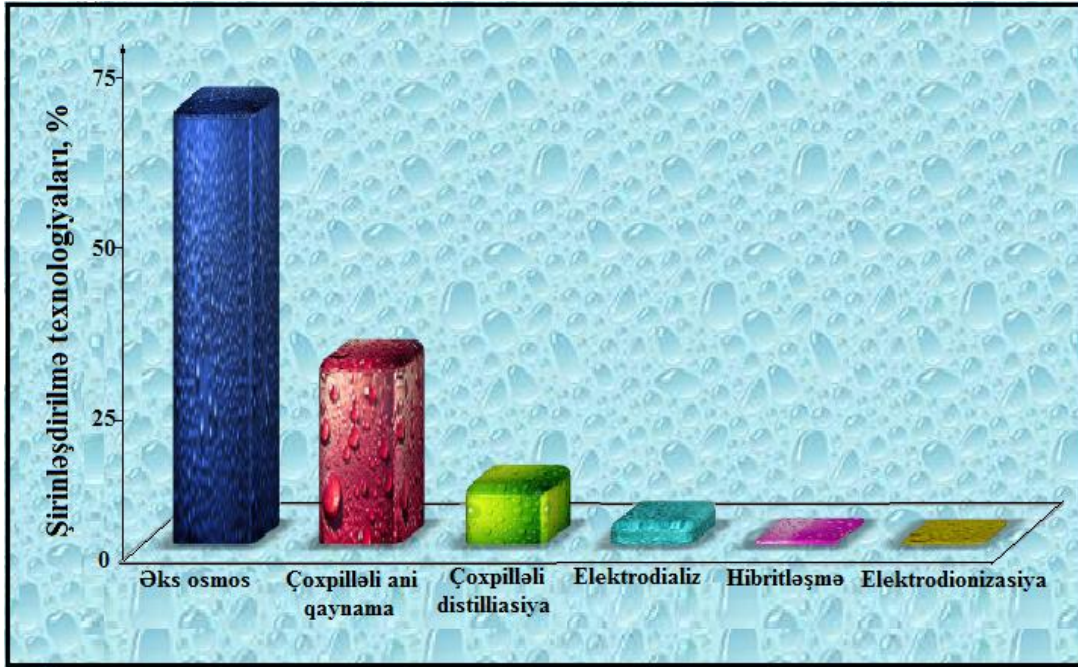
Şirinləşdirmə texnologiyaları çox olsalar da, ən geniş istifadə ediləni əks-osmos texnologiyasıdır. Onun payına istehsal edilən şirinləşdirilmiş suyun təxminən 60%-i düşür (şəkil 2) [5].

Əks-osmos texnologiyasının geniş istifadəsinin əsas səbələri bunlardır: reagent sərfəsinin azlığı; qurğunun az yer tutması; prosesin praktiki olaraq fasiləsiz aparılması; suyun aqrekat halının dəyişmədiyi üçün enerji sərfəsinin kiçik olması; avadanlığın sadəliyi və yığcamlığı; qurğunun daha asan avtomatlaşdırılması və s. [4].

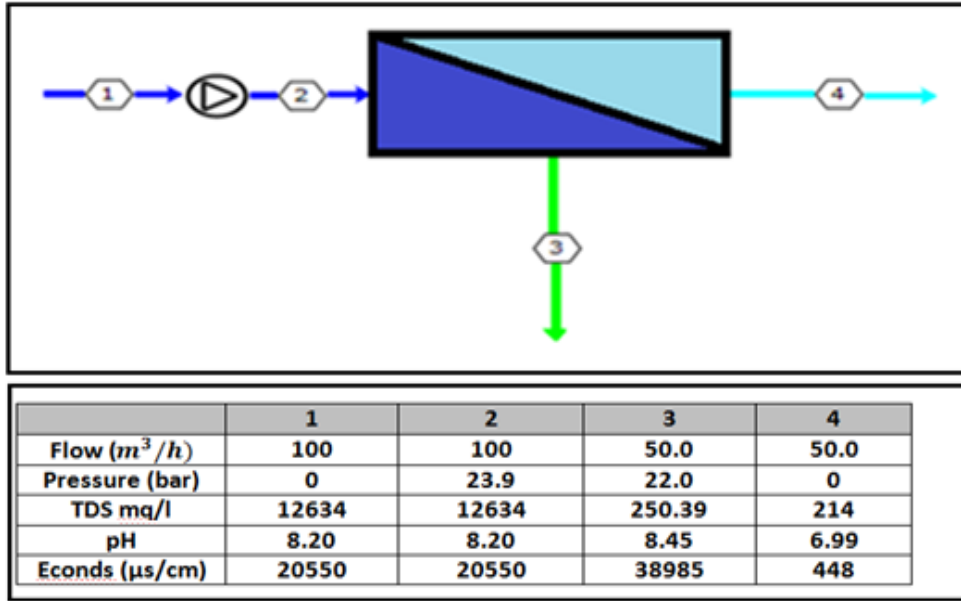
Əks-osmos şirinləşdirmə texnologiyasının dərin və daha geniş tədqiqi üçün ədəbiyyatda imitatsiya modelləşdirilməsinə əsaslanan bir neçə kompüter proqramı verilir. O cümlədən, ABŞ-ın DOW Kimikal şirkətinin ROSA proqramı, HYDRANAUTİCS şirkətinin eyni adlı proqramı, Rusiyanın ROSNANO - şirkətinin NanoTechPRO proqramı və s. [6].



Şəkil 1. Su ehtiyatlarının ümumi təsnifatı.



Şəkil 2. Dünyada istifadə edilən əsas şirindirmə texnologiyalarının payları



Şəkil 3. Bir pilləli əks-osmos qurğusunun prinsiplial sxemi:  
1 - xam su; 2 - nasosdan çıxan xam su; 4 – permeat; 5 – konsentrat

Ədəbiyyatla tanışlıq göstərir ki, Xəzər dənizi suyunun əks-osmos şirindirmə qurğusunun hesablanması da əsasən ROSA - proqramı istifadə edilmişdir. Bu proqram çox informativ olsa da, müəyyən çatışmazlıqları vardır. Belə ki, həmin proqram ancaq FİLMTEC şirkətinin rulon tipli membranların istifadəsinə əsaslanır [6].

HYDRANAUTICS - kompüter hesablama proqramının ROSA - proqramından əsas fərqli və üstün cəhəti bu proqram üzərində müxtəlif növ membranlardan istifadə edilməsinin mümkünlüyüdür [7].

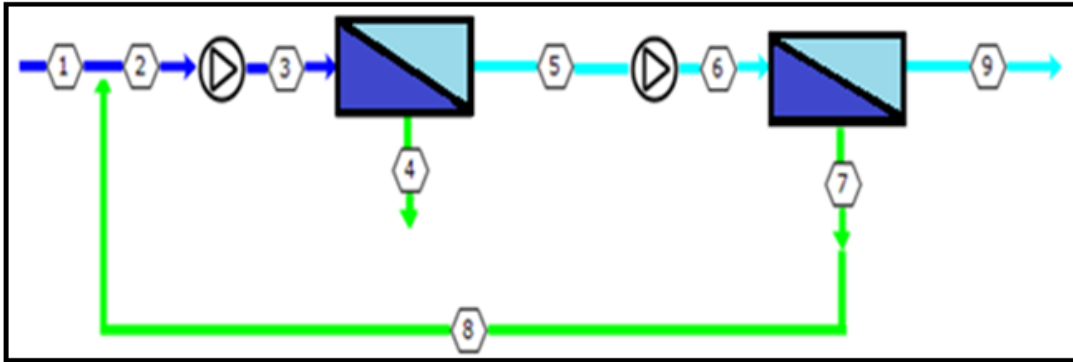
Məqalənin məqsədi Hydranautics proqramının istifadəsi ilə Xəzər dənizi suyunun əks-osmos üsuluna əsaslanan şirindirmə texnologiyalarının tədqiqindən ibarətdir.

Bu proqram vasitəsi ilə Xəzər dənizi suyunun bir və iki pilləli şirindirmə sxeminin tərtiqi aparılmışdır (şəkil 3, 4)

Əks-osmos qurğusuna verilən su, bir qayda olaraq, nəkobud, kolloid dispers və bəzi digər qatışıqlardan təmizlənmiş olur. Onun tərkibində əsasən ion şəklində olan qatışıqlar qalır.

Şəkil 3-də verilmiş qayda üzrə zaman permeatın çıxımı 50%, pH - 8,2; temperatur 20°C və membran elementinin tipi CPA5 MAX qəbul edilmişdir.

Şəkil 3-dən görüldüyü kimi, ilk öncə xam su (1) nasosa daxil olur, nasosdan çıxan yüksək təzyiqli su (2) əks-osmos qurğusuna daxil olur və burada membrandan keçdikdən sonra konsentrat (3) və permeata (4) ayrılır [10].



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Flow (m <sup>3</sup> /h)	58.3	83.3	83.3	33.4	50.0	50.0	25.0	25.0	25.0
Pressure (bar)	0	0	20.9	19.6	0	6.01	4.93	0	0
TDS mg/l	12634	8946	8946	22091	170	170	338	338	2.36
pH	8.20	8.08	8.08	8.41	6.90	6.90	7.19	7.19	5.40
Econds (μs/cm)	20550	14909	14909	34652	357	357	708	708	6.10

Şəkil 4. İki pilləli əks-osmos qurğusunun prinsipial sxemi.

1- xam su; 2 - ikinci pillənin konsentratının yenidən dövrayə verilməsi; 3 - nasosdan çıxan su; 4 - birinci pillənin konsentratı; 5 - birinci pillənin permeatı; 6 - birinci pillənin permeatının nasosdan sonra dərin təmizlənməsi məqsədi ilə ikinci pilləyə ötürülmə xətti; 7 - ikinci pillənin konsentratı; 8 - ikinci pillənin konsentratının yenidən emal edilməsi məqsədi ilə dövriyyə xətti; 9 - ikinci pillənin permeatı.

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	9	23.9	22	11.11	5.56	19.4	27.3	1.10

**Permeate Concentration**

Ca	1.577	K	0.000	Sr	0.000	Cl	107.195	P04	0.000	CO2	1.733
Mg	3.588	NH4	0.000	HCO3	10.363	NO3	0.000	SiO2	0.000	CO3	0.005
Na	73.378	Ba	0.000	SO4	17.718	F	0.000	B	0.000	pH	7.0
TDS										213.83	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	95	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	15.3	bar	pH	8.4	
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	189.16	mg/l	TDS	25038.9	mg/l
Ca3(PO4)2	0.00	CaF2, %	0						

Şəkil 5. Hydraulics proqramının “Calculation Results” pəncərə görünüşü

Qeyd etmək lazımdır ki, konkret şəraitindən asılı olaraq permeatın pay çıxımı xam suyun 40-75%-ni təşkil edir. Ümumiyyətlə, permeatın çıxımı əks-osmos qurğusunun əsas göstəricilərindən biridir və hər pillədə alınmış şirəndirilmiş suyun bəsləyici suya olan nisbətini göstərir.

İki pilləli sxemdə təzyiqlə çıxan xam su (3) əks-osmos qurğusunun birinci pilləsinə daxil olur və təmizləmə mərhələsindən keçdikdən sonra, əldə olunan konsentrat (4) xaric olunur. Birinci pillədən çıxan permeatın (5)

dərin təmizlənməsi məqsədi ilə ikinci pilləyə ötürülür. Nasosdan çıxan təmiz suyun təzyiqi artdıqdan sonra (6), ikinci pilləyə daxil olur və dərin təmizləmə mərhələsindən keçir. Burada əldə edilən konsentrat (7) yenidən emal edilməsi, təmizlənməsi məqsədi ilə xam su ilə qarışaraq yenidən dövrayə (2) verilir [12].

İki pilləli sxemin tətbiqində (şəkil 4) hər iki pillənin çıxımlarının ( $\beta_1$  və  $\beta_2$ ) çıxış texnoloji göstəricilərinə təsiri cədvəl 4-də  $\beta_1$ -in sabit qiymətlərində  $\beta_2$ -nin 60-70% həddlərində dəyişənlərə təsirinə nəticələri verilmişdir.



Göründüyü kimi, bu halda ikinci pillənin permeatının qalıq duzluğu orta hesabla  $2.5\text{mq/dm}^3$ , codluğu isə  $15\text{mq-ekv/dm}^3$  həddində düşür. Aydınır ki, çox kiçik xərc-lərlə belə permeatın hətta kritikdən yüksək təzyiqli enerji blokuna əlavə su alına bilər.

Alınan nəticələrdən görünür ki,  $\beta_2$ -nin yüksək qiymətlərində  $\text{CaSO}_4$ -ə görə birinci pillənin doyma dərəcəsi 150%-dək artır ki, bu da ikinci pillənin resikulyasiya edilən konsentratın qalığının artması ilə izah olunur,

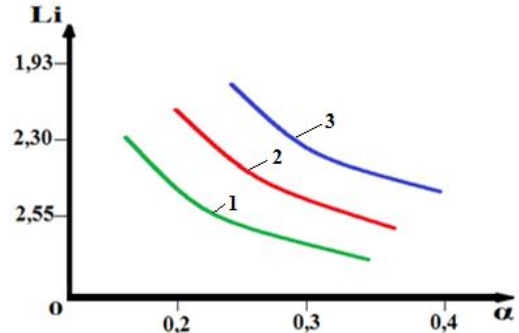
Suyun təmizlənməsini təmin edən əsas element – membrandır. Sadə baxışda membran məsamələri çox kiçik olan nazik bir təbəqədir. Bu məsamələrin ölçüləri su molekullarının ölçülərindən böyük, suda olan hidratlaşmış ionların ölçülərindən kiçikdir. Məsamələri eyni ölçülü membranların alınması çox mürəkkəbdir. Ona görə də, qatışıqların bir hissəsi suya keçir. Hətta, ən müasir əks-osmos membranların selektivliyi, yəni ionları buraxmama qabiliyyəti (ingilis dilli ədəbiyyatda - reject) 100%-ə çatmır və 99,6-99,8% təşkil edir. Təxminən 15-20 il bundan əvvəl istehsal olunan membranların selektivliyi 95-96% təşkil edirdi [4, 6].

Xəzər dənizi suyunun bir pilləli əks-osmos qurğusu ilə Hydranautics hesablama proqramında tədqiq edərək, bütün verilmiş əməliyyatlar ardıcılığı mərhələli şəkildə həyata keçirilir ki, burada proqram tərəfindən sonuncu mərhələ "Calculation Results" - yəni hesablamanın nəticəsi adlı pencərə ekranda görünür. (şəkil 5)

Xəzər dənizi suyunun duzluluğu  $12-13\text{q/l}$  olduğu halda, şəkil 5- də göstərilirdiyi kimi, proqram tərəfindən şirirləndirilmiş suyun çıxımı  $\beta=50\%$  - götürüldükdə, permeatın ümumi duzluluğu  $214\text{mq/l}$ , konsentratın ümumi duzluluğu isə  $25039\text{mq/l}$  təyin edilmişdir. Bu hesablama proqramı ilə membran üzərində  $\text{CaSO}_4$  - ərpinin yaranmasını proqnozlaşdırmaq mümkündür. Məlum olduğu kimi, konsentrat  $\text{CaSO}_4$  - görə qatılaşdırılmasının 100%- dən artıq olması, həmin çöküntünün yaranmasını göstərir. Baxılan halda, bu göstərici 94% - təşkil edir ki,  $\text{CaSO}_4$  - görə ərpisiz iş rejiminin təmin olunmasını təşkil edir.

Əks-osmos qurğularında ən çox yaranan ərp  $\text{CaSO}_4$  - ərpidir. Bu ərpın proqnozlaşdırılması məqsədi ilə Lanjeli indeksindən istifadə olunur. Belə ki, Lanjeli indeksinin müsbət qiymətləri həmin ərpın yaranmasını göstərir

Bununla əlaqədar, Pascal kompüter proqramında Xəzər dənizi suyunun şirirləndirilməsi prosesində suyun temperaturunun və konsentratın payının ( $\alpha$ ) duzlu su kamerasında Lanjeliye indeksinə təsiri tətqiq edilmişdir.



Şəkil 6. Lanjeliye indeksinin konsentratın payından asılılığı: 1 – T=20°C; 2 – T=20°C; 3 – T=30°C

Şəkil 6 - dən göründüyü kimi, bütün hallarda Lanjeliye indeksinin müsbət qiymətləri proqnozlaşdırılır. Bu da  $\text{CaCO}_3$  - ün yaranmasını göstərir. Bu ərpın qarşısını almaq üçün ən əlverişli üsul turşulaşdırma üsuludur [8].

Birpilləli əks-osmos şirirləndirmə texnologiyalarını tədqiq etmək məqsədi ilə Hydranautics kompüter proqramında xam suyun temperaturun və permeatın çıxımının çıxış texnoloji göstəricilərinə təsiri öyrənilmişdir.

Bu tədqiqatlarda Xəzər dənizi suyunun pH – 8,2. Suyun ion tərkibi (mg/l): Ca - 320,6; Mg -729,3; Na - 3126,6,  $\text{HCO}_3$  - 224;  $\text{SO}_4$  - 3264; Cl - 4963,40 qəbul olunur. Qurğunun məhsuldarlığı –  $50\text{m}^3/\text{saat}$ . Qurğuda Xəzər dənizi suyunun tərkibinə uyğun CPA5 MAX markalı membranın istifadəsi nəzərdə tutulmuşdur. Şirirləndirilmiş suyun duzluluğu (TDS), ion tərkibi, pH-ı, konsentratın duzluluğu və ion tərkibi, elektrik enerjisinin xüsusi sərfi, membranların sayı çıxış dəyişənləri kimi qəbul olunmuşdur.

Cədvəl 1-də  $\beta$  -nın sabit qiymətində (50%) dəniz suyunun temperaturun əsas çıxış göstəricilərinə təsiri əks olunmuşdur.

Cədvəl 1

Dəniz suyunun temperaturunun texnoloji göstəricilərə təsiri

Göstəicilər		Temperatur (T, °C)				
		10	15	20	25	30
Permeat (mq/l)	$\text{Ca}^{2+}$	1,12	1,33	1,58	1,86	2,18
	$\text{Mg}^{2+}$	2,55	3,03	3,59	4,23	4,96
	$\text{Na}^+$	52,22	62,03	73,38	86,45	101,27
	$\text{HCO}_3^-$	7,39	8,77	10,36	12,19	14,26
	$\text{SO}_4^{2-}$	12,59	14,96	17,72	20,90	24,50
	Cl	76,27	90,61	107,20	126,30	147,96
$\text{CaSO}_4$		106	100	95	92	90
Bəsləyici suyun təzyiqi, bar		28,8	26	23,9	22,2	21,2
Xüsusi enerji sərfi, Vt: saat/ $\text{m}^3$		2,10	1,89	1,74	1,62	1,54
$\text{TDS}_{\text{per}}$ , q/ $\text{dm}^3$		152,14	181	214	252	295
$\text{TDS}_{\text{kon}}$ , q/ $\text{dm}^3$		25103	25066	25039	25005	24964
$\text{pH}_{\text{per}}$		6,85	6,92	6,99	7,06	7,12
$\text{pH}_{\text{kon}}$		8,45	8,45	8,45	8,44	8,44

Cədvəldən görünür ki, temperaturun 10-30°C aralığında dəyişməsi TDS – permeatın duzluluğu -1,94 dəfə artır, lakin bəsləyici suyun təzyiqi və xüsusi enerji sərfi – 1,36 dəfə azalır; TDS – konsentrat, praktiki olaraq, dəyişmir. Göründüyü kimi, şirinləşdirilmiş suyun qalıq duzluluğu 152,1-295,2 mq/l həddində olur ki, bu da xam suyun

duzluluğuna nisbətən orta hesabla 223,7 - dəfə azalma deməkdir. Emal olunmuş suyun İstilik energetikasında istifadə edilməsi baxımından vacib göstəricilərdən biri suyun codluğudur. Alınan nəticəyə görə, bu göstərici 3,67 - 7,14 mq/l həddində olur ki, bu da orta hesabla 0,4mq–ekv/dm<sup>3</sup> - a uyğundur.

Cədvəl 2

Permeatın çıxımının texnoloji göstəricilərə təsiri

Göstəricilər		Permeatın çıxımı $\beta$ , %			
		50	60	70	80
Permeat (mq/l)	Ca <sup>2+</sup>	1,577	1,16	2,269	3,548
	Mg <sup>2+</sup>	3,588	4,130	5,161	8,070
	Na <sup>+</sup>	73,378	84,294	104,998	163,140
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10,363	11,873	14,732	22,070
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	17,718	20,395	25,479	34,828
	SO <sub>3</sub>	0,005	0,007	0,011	0,023
	Cl <sup>-</sup>	107,195	123,161	153,448	238,530
CaSO <sub>4</sub>		95	126	180	298
Bəsləyici suyun təzyiqi, bar		23,9	25,5	28,7	38
Xüsusi enerji sərfi, kVt* saat/m <sup>3</sup>		1,65	1,47	1,42	1,64
TDS <sub>per</sub> , mq/dm <sup>3</sup>		214	246	306	476
TDS <sub>kon</sub> , q/dm <sup>3</sup>		25,04	31,18	41,32	61,03
pH <sub>per</sub>		6,99	7,05	7,14	7,32
pH <sub>konp</sub>		8,45	8,52	8,61	8,73

Cədvəl 3

İkinci pilləli sxemin tətqiqinin nəticələri ( $\beta_1=70\%$ ;  $T=20^\circ\text{C}$ )

Göstəricilər	$\beta_2$		
	60	70	80
Bəsləyici suyun təzyiqi, bar (1-ci pil)	23,2	24,7	26,1
Bəsləyici suyun təzyiqi, bar (2-ci pil)	7,1	8,2	9,3
Xüsusi enerji sərfi, kVt* saat/ TDS <sub>kon</sub> , q/dm <sup>3</sup> (1-ci pil)	1,15	1,22	1,29
Xüsusi enerji sərfi, kVt* saat/m m (2-ci pil)	0,41	0,41	0,40
CaSO <sub>4 1pil kon</sub> , %	120	134	149
CaSO <sub>4 2pil kon</sub> , %	0	0	0
TDS <sub>per 1 pil</sub> mq/dm <sup>3</sup>	214	238	263
TDS <sub>per 2 pil</sub> mq/dm <sup>3</sup>	2,48	2,44	2,77
TDS <sub>kon 1 pil</sub> mq/dm <sup>3</sup>	30,2	33,2	36,1
TDS <sub>kon 2 pil</sub> mq/dm <sup>3</sup>	0,530	0,786	1,3

Cədvəl 2 - də temperaturun sabit qiymətində ( $T=20^\circ\text{C}$ ) permeatın çıxımının ( $\beta$ ) əsas çıxış göstəricilərinə təsiri əks olunmuşdur. Cədvəldən görünür ki,  $\beta$  -nin 50–80% aralığında dəyişməsi nəticəsində permeatın duzluluğu 214 mq/l - dən 476 mq/l - ə qədər artır. Bunun əsas səbəbi permeatın daha yüksək TDS - ə malik olan konsentratdan alınmasıdır.

Əsas göstəricilərdən biri olan xüsusi enerji sərfinin minimal qiymətləri (1,42 - 1,47 kvt-saat/m<sup>3</sup>)  $\beta$  -nin 60 - 70 % - diapazonuna uyğun gəlir. Eyni zamanda, bəsləyici

suyun tələb olunan təzyiqi 38 bara- dək artır. Hesab etmək olar ki,  $\beta=70\%$  baxılan sxem üçün optimal qəbul edilə bilər. Beləliklə, birpilləli qurğuda alınmış şirinləşdirilmiş su ümumi duzluluğuna görə içməli su normalarına uyğun gəlir. İstilik elektrik stansiyalarında əlavə suyun hazırlanmasına gəldikdə, bu suyun codluğu 1-10mq-ekv/dm<sup>3</sup>-dək dəyişdirilir. Bu məqsədlə, [9] potentlə təqdim edilən üsul istifadə edilə bilər. Bu üsul, permeatın Na kationlaşdırılmasına əsaslanır o şərtlə ki, kationit regenerasiyası üçün ancaq əks osmos qurğusunun konsentratı istifadə edilsin.

Cədvəl 3-də Hydranautics kompüter proqramında iki pilləli əks-osmos qurğusu üçün permeatın çıxımının texnoloji göstəricilərə təsiri tədqiq edilmişdir.

Cədvəl 3-dən görüldüyü kimi,  $\beta_1=70\%$ ;  $T=20^\circ\text{C}$  qiymətlərində və  $\beta_2$ -nin 60-70% aralığında dəyişməsi göstərir ki, permeatın duzluğu birinci pillədə 214 mq/l-dən 263 mq/l-ə qədər, ikinci pillədə isə 2,48 mq/l-dən 2,77 mq/l-ə qədər artır. Bunun əsas səbəbi kimi permeatın daha yüksək TDS-ə malik olan konsentratdan alınmasıdır.

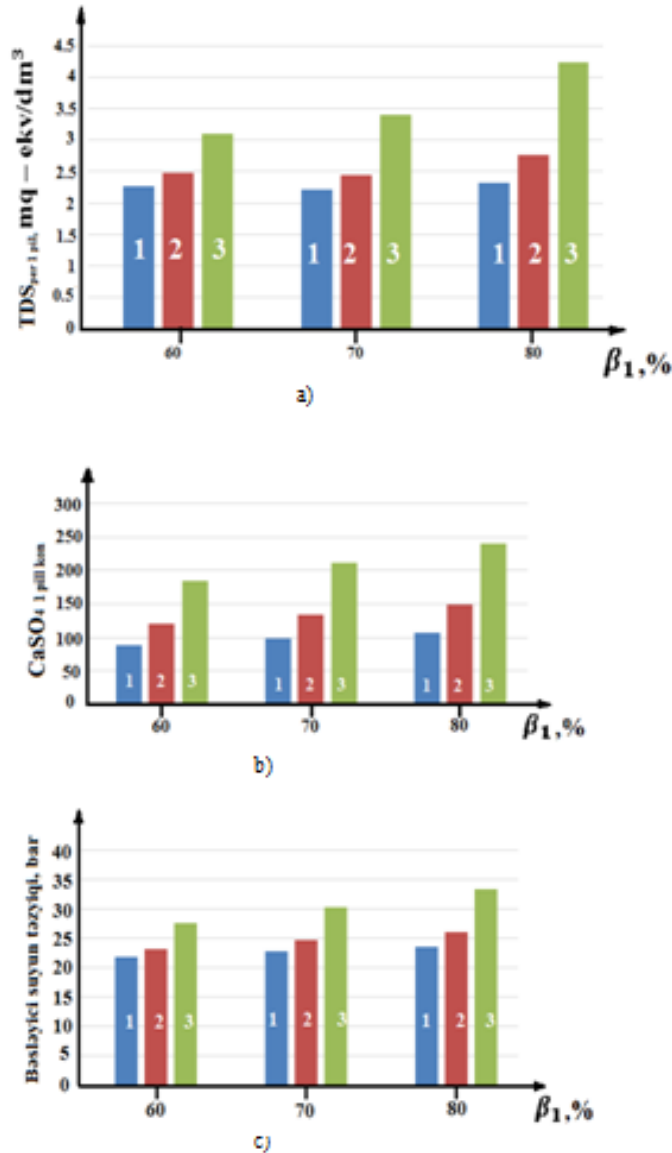
Əsas göstəricilərdən hesab olunan xüsusi enerji sərfi  $\beta_2$ -nin verilmiş diapazonunda birinci pillədə 1,15-1,29kVt-saat/m<sup>3</sup> arasında, ikinci pillədə isə 0,4kVt-saat/m<sup>3</sup> təşkil edir.

Pillələrin çıxım əmsallarının bir sıra digər çıxış göstəricilərinə təsiri şəkil 7-də verilmiş gistoqramlarda öz əksini tapmışdır. Şəkil 7.a-dan görüldüyü kimi  $\beta$  və  $\beta_2$ -nin tədqiqat diapazonunda alınan şirəndirilmiş suda duzların qalıq konsentrasiyası 4,2mq/dm<sup>3</sup>-dək artır və bu göstərici  $\beta_2$ -dən daha çox asılıdır. Eyni qanunauyğunluq bəsləyici suyun təzyiqində də müşahidə olunur. Şirəndirilmiş suyun maksimal çıxım rejimində (80-80%) proq-

ram bəsləyici suyun təzyiqinin 33 baradək yüksəldilməsini proqnozlaşdırır (şəkil 7.b)

Şəkil 7.c-dən görüldüyü kimi, bütün rejimlərdə birinci pillənin konsentratı CaSO<sub>4</sub> - ərpinə görə ifrat doymuş olur və bu göstərici 240%-ə çatır. Bəzi tədqiqatlara görə CaSO<sub>4</sub> - ün 400% - dək doyma dərəcəsində xüsusi antiərpələrdən istifadə etməklə, problem həll edilə bilər. Amma, nəzərə almaq lazımdır ki, şirəndirilmiş suya verilən antiərpə heç bir dəyişməyə məruz qalmadan konsentratın tərkibində dənizə atılır və bununla dənizə ekoloji zərər vurur. Belə yanaşma okean sularının və açıq dənizlərin şirəndirilməsində düzgün olardı. Xəzər dənizi suyunun unikallığını nəzərə alaraq, sulfat ərpi probleminin həlli üçün ekoloji baxımından daha səmərəli üsul seçilməlidir.

Hesab edilir ki, onlardan biri şirəndirilmiş suyun çıxımının birinci pillədə 50%-lə məhdudlaşdırmaqdır, amma bu halda alınan suyun maya dəyəri böyük olacaqdır. Digər üsul, ion mübadilə üsulu ilə (Na və ya Mg - Na kationlaşdırma) şirəndirilməyə verilən suyun yumşaldılmasıdır, o şərtlə ki, kationitin regenerasiyası ancaq birinci pillənin konsentratı ilə aparılsın.



Şəkil 7. Pillələrin çıxım əmsallarının əsas göstəricilərə təsiri.

Bu üsul professor H.Feyziyev tərəfindən keçən əsrin 70-80-ci illərində təklif edildiyinə baxmayaraq, hal-hazırda öz aktuallığını itirməmişdir [10].

## **NƏTİCƏ.**

Xəzər dənizi suyunun əks osmos qurğusunun Hydranautics kompüter proqramı əsasında tətbiqi göstərmişdir ki, həmin proqram məlum ROSA proqramından daha universal və daha sadədir. Bu proqram vasitəsi ilə bir çox elmi tədqiqat məsələləri həll oluna bilər.

Həmin proqramda Xəzər dənizi suyunun bir və iki pilləli texnoloji sxemlərinin tətbiqi aparılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, şirinləşdirilən suyun keyfiyyət göstəricilərinə uyğun CPA5 MAX membran elementi istifadə edilərsə, konkret şəraitdən asılı olaraq (temperatur, permeatın

çıxımı) bir pilləli sxemlə dəniz suyunun duzluluğu 12635mq/l-dən orta hesabla 240 mq/l-dək azala bilər ki, bu da içməli suya qoyulan normalara cavab verir. İES-lərdə əlavə suyun hazırlanması üçün qalıq duzluluğu 2,14mq/l-dək azaltmağa imkan verən iki pilləli sxem tərtib edilir.

Lanjeliye indeksi əsasında göstərilmişdir ki, permeatın hətta kiçik qiymətlərində membran üzərində CaCO<sub>3</sub> - yaranması gözlənilir. CaSO<sub>4</sub>-ün yaranması permeatın çıxımının 50%-dən böyük qiymətlərində proqnozlaşdırılır.

Kalsium ərpinin qarşısını almaq üçün ekoloji baxımından ən səmərəli üsul kimi kationitin ancaq əks osmos qurğusunun konsentratı ilə regenerasiyasına əsaslanan Mg - Na üsulu təklif edilmişdir.

- 
- [1] F.Ş. Əliyev, M.A. Məmmədova. Bakı şəhəri əhalisinin mövcud və gələcək su təchizatı mənbələri, onların ekoloji problemləri. "Çaşıoğlu", Bakı-2003, 198 s.
  - [2] F.Ş. Əliyev. Azərbaycan Respublikasının yeraltı suları, ehtiyatlarından istifadə və geokoloji problemləri. "Çaşıoğlu", Bakı, 2000, 326 s.
  - [3] <http://www.azersu.az/8-Su+Ehtiyatları>
  - [4] H.T. El-Dessouky, H.M. Ettouney. Fundamentals of salt Water. Desalination ELSEVER, Amsterdam, Tokio, 2002, p. 691.
  - [5] D. Akili. Sea water desalination technologies. Desalination, 2008, № 221, p.47-69.
  - [6] [6.https://star.pst.qub.ac.uk/wiki/lib/exe/fetch.php/public/research\\_areas/solar\\_physics/rosa/rosa\\_user\\_manual\\_small.pdf](https://star.pst.qub.ac.uk/wiki/lib/exe/fetch.php/public/research_areas/solar_physics/rosa/rosa_user_manual_small.pdf)
  - [7] <https://www.ticass.it/wp-content/uploads/2016/12/Hydranautics-1.pdf>
  - [8] M.M. Ağamaliyev, R.H. Məmmədbəyov. Suyun membran üsulu ilə emalı texnologiyaları. Bakı, ADNSU – nun nəşri, 2017, 302 səh.
  - [9] K.M. Абдуллаев, M.M. Агамалиев и др. Система обессоливания и доумягчения минерализованных и морских вод. Патент русский №2296719.
  - [10] Г.К. Фейзиев. Высокоэффективные методы умягчения, опреснения и обессоливания воды. Изд 2-е. Баку: «Тахсил» ТПП, 2009, 442 с.

## **K.M. ABDULLAEV, D.A. ALIYEV**

### **RESEARCH OF REVERS-OSMOSIS DESALINATION TECHNOLOGY OF SEA WATER WITH USE OF THE COMPUTER HYDRANAUTICS PROGRAM**

In article the possibility of use of the computer HYDRANAUTICS program developed by firm of the USA like for a research of revers-osmosis desalination technology of the Caspian Sea water is considered. The effectiveness of this program for reliable calculations and obtaining new knowledge is proved.

## **К.М. АБДУЛЛАЕВ, Д.А. АЛИЕВ**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАТНООСМОТИЧЕСКОГО ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ HYDRANAUTICS**

В статье рассматривается возможность использования компьютерной программы HYDRANAUTICS, разработанной одноименной фирмой США, для исследования технологии обратногоосмотического опреснения воды Каспийского моря. Обосновывается эффективность этой программы для надежных расчетов и получения новых знаний.

*Qəbul olunma tarixi: 26.04.2018*