



NaCl, MgCl₂ VA KCl TUZLARINING FIZIK-KIMYOVIY XUSUSIYATLARI VA ULARNI QUYOSH HOVUZI QURILMASI ISSIQLIK SAMARADORLIGIGA TA'SIRINI TADQIQOT QILISH

Elmurodov N.S., Davlonov X.A., Toshboyev A.R.

Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi, O'zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada quyosh hovuzining issiqlik yig'ish samaradorligiga NaCl, MgCl₂ va KCl tuzlari asosidagi sho'r suvlari tasiri hamda ularning fizik-kimyoviy xususiyatlarini aniqlashning eksperimental usuli tasvirlangan. Tajriba ishlari davomida ushbu tuzlarning zichlik profilini o'rnatish, konsentratsiyasi va issiqlik sig'img'ini aniqlash maqsadida quyosh hovuzi qurilmasida har bir tuzning alohida sho'rli suv eritmaları tayyorlandi. Hovuzning turli nuqtalaridan olingan namunalarni tadqiqot qilish asosida har bir tuzning zichlik profili o'rganildi hamda grafiklari qurildi. Tajriba uchun yasalgan adiabatik kolorometr yordamida 20°C-70°C harorat oralig'ida va sho'r suv konsentratsiyasining 5% - 28% qiymatlarida har bir tuzli sho'r suvning issiqlik sig'img'i o'rganildi va turli haroratlarda o'zgarish grafiklari keltirildi.

Kalit so'zlar: natriy xlorid, magniy xlorid, kaliy xlorid, konsentratsiya, zichlik profili, issiqlik sig'im, adiabatik kalorometr.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОЛЕЙ NaCl, MgCl₂ И KCl И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ТЕПЛОВУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УСТРОЙСТВА СОЛНЕЧНОГО ПРУДА

Элмуродов Н.С., Давлонов Х.А., Тошбоев А.Р.

Каршинский инженерно-экономический институт, Карши, Узбекистан

Аннотация: В статье описан экспериментальный метод определения влияния соленой воды на основе солей NaCl, MgCl₂ и KCl на эффективность сбора тепла солнечного пруда и их физико-химические свойства. Для определения профиля плотности, концентрации и теплоемкости этих солей в ходе экспериментальных работ были приготовлены отдельные солевые растворы каждой соли в устройстве солнечного пруда. На основе изучения проб, взятых из разных точек водоема, изучен профиль плотности каждой соли и построены графики. С помощью изготовленного для эксперимента адиабатического колориметра исследована теплоемкость каждого солевого рассола в интервале температур 20°C-70°C и значениях концентрации рассола 5%-28% и представлены графики изменения при различных температурах.

Ключевые слова: хлорид натрия, хлорид магния, хлорид калия, концентрация, профиль плотности, теплоемкость, адиабатический calorimeter.

STUDY OF THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF NaCl, MgCl₂ AND KCl SALTS AND THEIR INFLUENCE ON THE THERMAL EFFICIENCY OF THE SOLAR POND DEVICE

Elmurodov N.S., Davlonov Kh.A., Toshboev A.R.

Karshi Engineering Economics Institute, Karshi, Uzbekistan

Abstract: The article describes an experimental method for determining the effect of salt water based on NaCl, MgCl₂ and KCl salts on the efficiency of solar pond heat collection and their physicochemical properties. To determine the density profile, concentration and heat capacity of these salts in the course of experimental work, separate salt solutions of each salt were prepared in





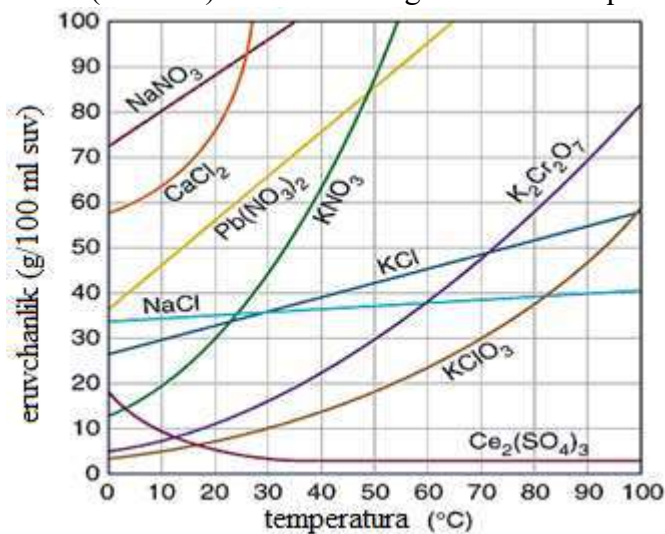
the solar pond device. Based on the study of samples taken from different points of the reservoir, the density profile of each salt was studied and graphs were plotted. With the help of an adiabatic colorimeter made for the experiment, the heat capacity of each salt brine was studied in the temperature range of 20°C-70°C and brine concentrations of 5%-28% and graphs of changes at various temperatures were presented.

Key words: sodium chloride, magnesium chloride, potassium chloride, concentration, density profile, heat capacity, adiabatic calorimeter.

Jahonda so‘nggi o‘n yillikda sho‘rlanish gradiyentli quyosh hovuzlari fan va texnologiyaning amaliy loyihalarida qo‘llanilishi ko‘paymoqda. Bugungi kunda bir qator mamlakatlarda energiya tejash yo‘lida olib borilayotgan loyihalarda o‘lchamlari bir necha yuz kvadrat metrgacha bo‘lgan tuz gradiyentli quyosh hovuzlari bilan bir qatorda mini quyosh hovuzlari ham qurilmoqda [1-4]. Ularda olib borilgan tadqiqotlar asosida quyosh hovuzining turli xil konstruksiyasi, ish faoliyatini yaxshilash istiqbollari, unumdorlikka ta‘sir qiluvchi omillar, sho‘rlanish gradiyentini hosil qilishda turli tuzlarning parametrlari, issiqlik olish rejimi, parametrlarni o‘lchash, iqtisodiy tahlil va uning qo‘llanilishi ko‘rib chiqiladi.

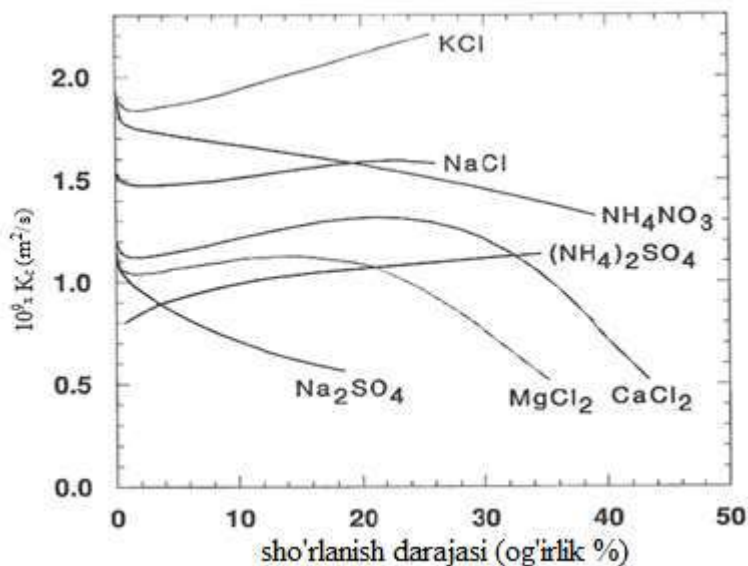
Tuzlar yuqori issiqlik sig‘imi tufayli quyosh hovuzlarida keng ishlatiladi. Odatda natriy xlorid, magniy xlorid va o‘g‘it tuzlari ishlatiladi. Quyosh hovuzlarining energiya samaradorligini oshirishda ishlatiladigan turli tuzlarning fizik parametrlari e‘tiborga olinishi kerak.

Quyosh hovuzi haroratining vaqt va hovuz chuqurligi bo‘yicha o‘zgarishiga mos keladigan tuzning eruvchanlik xususiyati, hovuz samaradorligini oshirishda muhim xisoblanadi. Turli tuzlar quyosh hovuzi suvining harorati o‘zgarishi bilan turlicha eruvchanlik xususiyatlarini ko‘rsatadi. Uni quyidagicha umumlashtirish mumkin (1-rasm). Ko‘rinib turibdiki natriy xlorid (NaCl), magniy xlorid (MgCl₂) va natriy sulfat (Na₂SO₄) tuzlari haroratga nisbatan barqaror eruvchalikka ega [5].



1-rasm. Tuzlar eruvchanligining haroratga bog‘liqlik grafigi.

Quyosh hovuzlarining samaradorligini oshirishda tuzning tarqalish qiymati yana bir muhim omil hisoblanadi. Erituvchining yopishqoqligi harorat ko‘tarilishi bilan kamayadi chunki tuzning molekulyar diffuziyasi sho‘rlanish va haroratga bog‘liq. Masalan, natriy xloridning (NaCl) 90 °C haroratda eruvchanligi 10 °C haroratdagi eruvchanligiga nisbatan 5 baravar yuqori [6-7]. Ma‘lum bir haroratda tuzlarning molekulyar diffuziyasi K_c , 10% dan kam o‘zgaradi, sho‘rlanish esa 20% gacha o‘zgaradi. Har xil turdagi tuzlarning xona haroratidagi molekulyar diffuziyasi 2-rasmdakeltirildi. Diffuziya koeffitsiyenti odatda yuqori haroratlarda ortib boradi, bu esa quyosh hovuzida tuz oqimining yuqoriga ko‘tarilishiga olib keladi. (m²/s)



2-rasm. 25 °C haroratda tuzlarning molekulyar diffuziyasining sho‘rlanish o‘zgarishiga bog‘liqlik grafigi[5].

O‘rganilgan tadqiqot natijalariga ko‘ra butun dunyo bo‘ylab quyosh hovuzlarini ishlatishda eng samarali tuzlardan biri natriy xlorid (NaCl) hisoblanadi. Natriy xlorid (NaCl) tuzi harorat o‘zgarishi bilan eng barqaror tuzlardan bo‘lib, uning sho‘r suvining shaffofligi sezilarli darajada yuqori. Bundan tashqari, natriy xlorid (NaCl) tuzi tabiatda tosh tuzi (galit) holida dengiz hamda sho‘r ko‘l suvlari tarkibida bo‘ladi va dengiz suvi tuz miqdorining 77% ni tashkil qiladi. Boshqa tuzlarga qaraganda narxi arzon. Bu tuz 2-rasmda ko‘rsatilganidek, to‘yinganlikka erishgunga qadar 27-30% gacha suvda eriydi [8-9].

Quyosh hovuzlarida ishlatiladigan tuzlardan yana biri magniy xlorid ($MgCl_2$) bo‘lib, natriy xlorid (NaCl) bilan solishtirganda suvda yuqori sho‘rlanish gradiyentini hosil qiladi. Ushbu tuz ish jarayonida juda barqaror va zichligi katta sho‘r suvni hosil qilishda eruvchanligi yuqori. Magniy xlorid ($MgCl_2$) tuzi eritma haroratiga qarab 35% va 40% eruvchanlikka ega. Magniy xlorid ($MgCl_2$) eritmali sho‘r suv eng zich sho‘r suv. Lekin magniy xlorid ($MgCl_2$) tuzi natriy xlorid (NaCl) tuziga nisbatan ancha qimmat [10-11].

Quyosh hovuzlarida sho‘rlanish gradiyentini hosil qilishda o‘g‘it tuzi hisoblangan kaliy xlorid (KCl) tuzidan ham foydalanish mumkin. Kaliy xlorid (KCl) oq, hidsiz kristal moddadir. Suvda yaxshi eriydi. Tabiatda u silvin va karnallit minerallari shaklida uchraydi va silvinit tarkibiga ham kiradi. Past haroratlarda kaliy (KCl) va natriy (NaCl) xloridlarning eruvchanligi deyarli bir xil bo‘ladi. Haroratning oshishi bilan natriy xloridning (NaCl) eruvchanligi deyarli o‘zgarmaydi, kaliy xloridning (KCl) eruvchanligi esa keskin ortadi [12-13].

Turli tuzlarning issiqlik o‘tkazuvchanlik, issiqlik tarqalishi, issiqlik sig‘imi, zichlik, kinematik yopishqoqlik, kabi termofizik xususiyatlari soha olimlari tomonidan o‘rganilgan va muayyan natijalarga erishilgan [14-16].

Yuqori harorat va turli konsentratsiyadagi tuzli sho‘r suv aralashmasining solishtirma issiqlik sig‘imi qiymatlari quyosh hovuzi qurilmasida issiq sho‘r suv qatlamidan olinadigan issiqlik energiyasini aniq baholashga yordam beradi. Turli tuzli eritmalarning termofizik hususiyatlarini o‘zida jamlagan bir qator xorijiy adabiyotlar nashr etilgan. Lekin, quyosh hovuzidan issiqlik energiyasi olish samaradorligiga turli tuzlarning fizik-kimyoviy ta‘siri, ularning turli konsentratsiyasi va haroratlarida sho‘r suv eritmasining solishtirma issiqlik sig‘imini baholash mutaxassis olimlar tomonidan yetarlicha o‘rganilmagan. Shu sababli Qarshi shahri sharoitida natriy xlorid, magniy xlorid va kaliy xlorid tuzlarining quyosh hovuzi issiqlik samaradorligiga ta‘siri tajribada tadqiqot qilindi va har bir tuz uchun tadqiqot natijalari olindi.



O‘zbekiston respublikasi tuz zahirasiga boy mamlakatlardan hisoblanadi. Tadqiqot jarayonlari davomida mamlakatning asosan 3 ta natriy xlorid (NaCl), magniy xlorid (MgCl₂) va o‘g‘it tuzi hisoblangan kaliy xlorid (KCl) tuzlarini ishlab chiqarish salohiyati hamda ushbu tuzlarni quyosh hovuzida ishlatishning issiqlik-texnik, fizik-kimyoviy xususiyatlari o‘rganildi (1-jadval).

NaCl, MgCl₂ va KCl tuzlarining issiqlik-texnik, fizik-kimyoviy xususiyatlari

(1-jadval)

№	Tuz turi	Zichligi kg/m ³	Erish harorati (°C)	Qaynash harorati (°C)	Berilgan haroratda eruvchanligi (g/l)					
					0 °C	20 °C	40 °C	60 °C	80 °C	100 °C
1	Natriy xlorid (NaCl)	2165	801	1465	356	359	364	370	380	391
2	Magniy xlorid (MgCl ₂)	2316	714	1412	528	546	575	607	658	734
3	Kaliy xlorid (KCl)	1984	776	1407	281	347	403	456	510	567

Sho‘nga ko‘ra O‘zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo‘mitasidan olingan ma’lumotlar asosida oxirgi 5 yil ichida Respublikamiz viloyatlarining tuz (osh tuzi, NaCl) hamda oxirgi 3 yildagi kaliy xlorid (KCl) va qattiq holdagi tuz (MgCl₂) ishlab chiqarish salohiyati quyidagi 3 ta jadvalda keltirildi.

O‘zbekiston respublikasining viloyatlar kesimida osh tuzi ishlab chiqarish to‘g‘risida ma’lumot (2-jadval).

2-jadval

Nomi	2017 yil Hajmi (tonna)	2018 yil Hajmi (tonna)	2019 yil Hajmi (tonna)	2020 yil Hajmi (tonna)	2021 yil Hajmi (tonna)
Osh tuzi	62 495,5	59 445,8	59 388,1	73 620,7	72 033,6
Viloyatlar					
Qoraqalpog‘iston Respublikasi	8 461,8	7 929,5	7 681,0	17 758,2	27 541,8
Andijon	3 964,6	3 305,5	2 260,7	2 469,9	2 493,5
Buxoro	553,2	405,5	494,8	6 491,8	756,5
Jizzax	567,6	635,1	55,5	36,8	22,0
Qashqadaryo	2 695,3	1 638,2	1 581,4	1 108,1	1 089,2
Havoiiy	9 029,8	8 729,3	10 500,8	8 154,8	7 709,0
Hamangan	892,1	692,2	501,9	769,0	627,4
Samarqand	5 311,4	4 379,0	2 284,9	2 441,7	5 565,2
Surxondaryo	8 325,9	10 526,8	11 990,3	8 625,0	4 150,9
Sirdaryo	413,7	213,5	289,9	540,9	639,8
Toshkent	3 684,4	2 787,3	2 464,2	2 747,8	2 596,0
Farg‘ona	1 789,4	1 169,9	1 645,5	1 904,9	2 418,7
Xorazm	7 821,3	9 384,6	8 013,7	13 372,9	10 253,0
Toshkent shahri.	8 985,0	7 649,5	9 623,4	7 199,0	6 170,4



O'zbekiston Respublikasining viloyatlar kesimida qattiq holdagi tuz (osh tuzidan tashqari) ishlab chiqarish hajmi (3-jadval).

3-jadval

Nomi	2020 yil	2021 yil	Yanvar-oktabr 2022 yil
	Hajmi (tonna)	Hajmi (tonna)	Hajmi (tonna)
qattiq holdagi tuz	292720,7	409765,5	129419
Viloyatlar			
Andijon	118,7	667,2	-
Jizzax	8,6	53,9	-
Qashqadaryo	39644,4	47611,3	19209
Navoiy	115805,4	63637,2	-
Namangan	64,4	828,5	-
Samarqand	60,1	65	-
Surxondaryo	35491	30323,2	18095
Toshkentshahri	1666	1740,6	-
Toshkent	1063,1	366	-
Farg'ona	490	106	-
Qoraqalpog'iston Respublikasi	97635,1	262975,6	92115
Buxoro	674	1391	-

O'zbekiston Respublikasining viloyatlar kesimida kaliy xlorid tuzi ishlab chiqarish hajmi(4-jadval).

4-jadval.

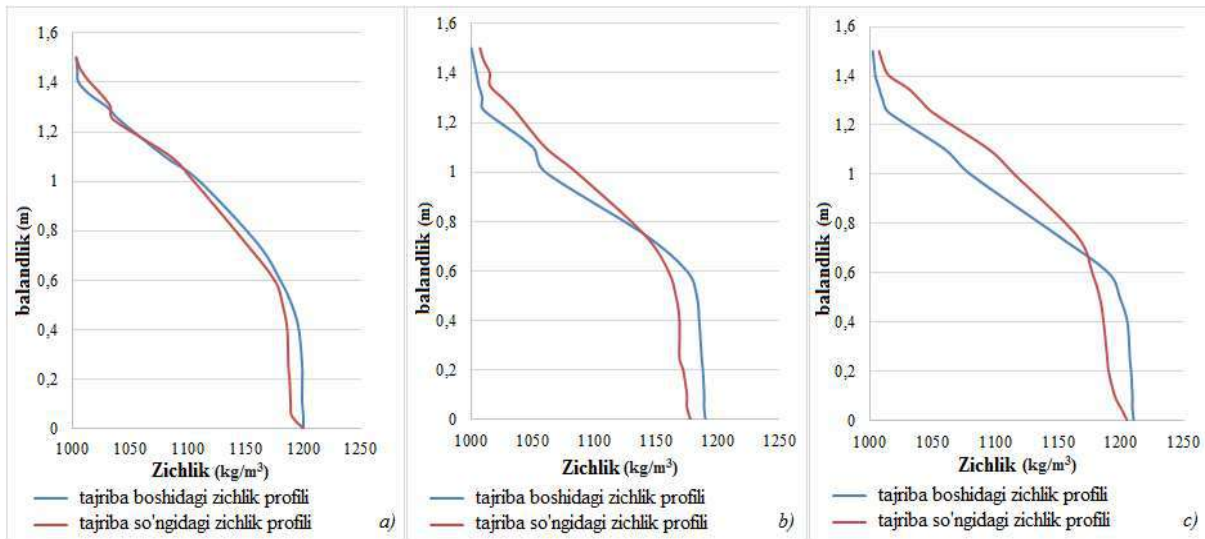
Nomi	2020 yil	2021 yil	2022 yil
	Hajmi (tonna)	Hajmi (tonna)	Hajmi (tonna)
Kaliy xlorid	210001	197602	160900
Viloyatlar			
Qashqadaryo	210000	197400	159200
Toshkent	1	2	-
Jizzax	-	200	1700

Tadqiqot ishlari Qarshi shahri iqlim sharoitida balandligi 1,5m hamda asoslarining o'lchamlari 0,7m va 1,5m kvadrat shaklidagi trapetsoidal quyosh hovuzida 2023-yilning fevral oyida olib borildi. Tajriba quyosh hovuzida 3 ta natriy xlorid (NaCl), magniy xlorid (MgCl₂) va kaliy xlorid (KCl) tuzlaridan foydalanildi. Tadqiqot jarayonlari har bir tuz uchun 7 kun, umumiy 21 kun davomida olib borildi. Eksperiment jarayonida har bir tuzning sho'r suvdagi zichlik darajasini hamda sho'r suv gradiyentini aniqlash maqsadida hovuz turli chuqurliklaridan namunalar olindi. Har bir tuz uchun tajriba boshi va sungida quyosh hovuzi har bir qatlamlarining zichlik profilari o'rganildi. Tajriba boshida pastki issiqlik saqlash zonasidagi sho'r suvning zichligi natriy xloridli (NaCl) sho'r suvda 1200 kg/m³ ni, magniy xloridli (MgCl₂) sho'r suvda 1210 kg/m³, kaliy xloridli (KCl) sho'r suvda 1195 kg/m³ nitashkil etdi. Yuqori zonada har bir tuz sho'r suvining zichligi toza suv zichligiga yaqin bo'lib 1002-1004 kg/m³ atrofida o'zgarishi va tajriba sungida 1007 kg/m³ gachako'tarilishi aniqlandi. Eksperimental quyosh hovuzida har bir tuz uchun o'tkazilgan dastlabki va tadqiqot sungidagi natijalarni taqqoslash shuni ko'rsatadiki, ushbu ikki vaqtdagi quyosh hovuzi pastki zonasidagi sho'r suvning zichligi bir-biridan sezilarli darajada farq qiladi. Har bir tuz uchun tajriba boshida va sungidagi zichlik profilining o'zgarish grafiklari 3- rasmlarda ko'rsatilgan. Ushbu grafiklarda o'rta zonada tajriba boshida zichlik profilining qiyaligi, tajriba



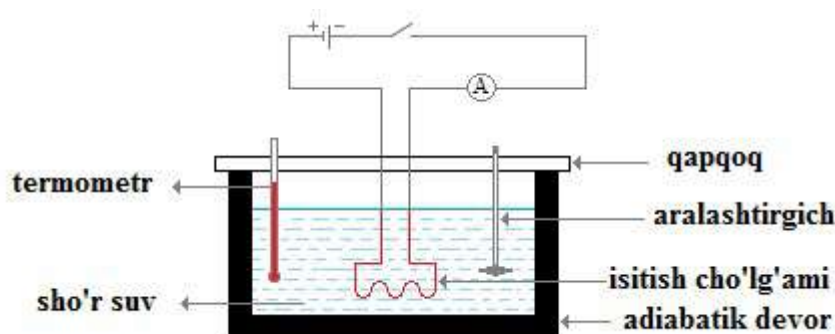


sungidagiga qaraganda yuqoriroqda joylashishini ko‘rish mumkin. Quyosh hovuzi pastki energiya saqlash zonasida esa aksincha holat kuzatildi. Bu jarayon vaqt o‘tishi bilan hovuzda tuz malekulalarining tarqalish tezligining pasayishiga bog‘liq.



3-rasm. Sho‘r suv zichligining quyosh hovuzi chuqurligi bo‘yicha taqsimlanish grafigi (a- NaCl tuzli eritma, b-KCl tuzli eritma, c-MgCl₂tuzli eritma).

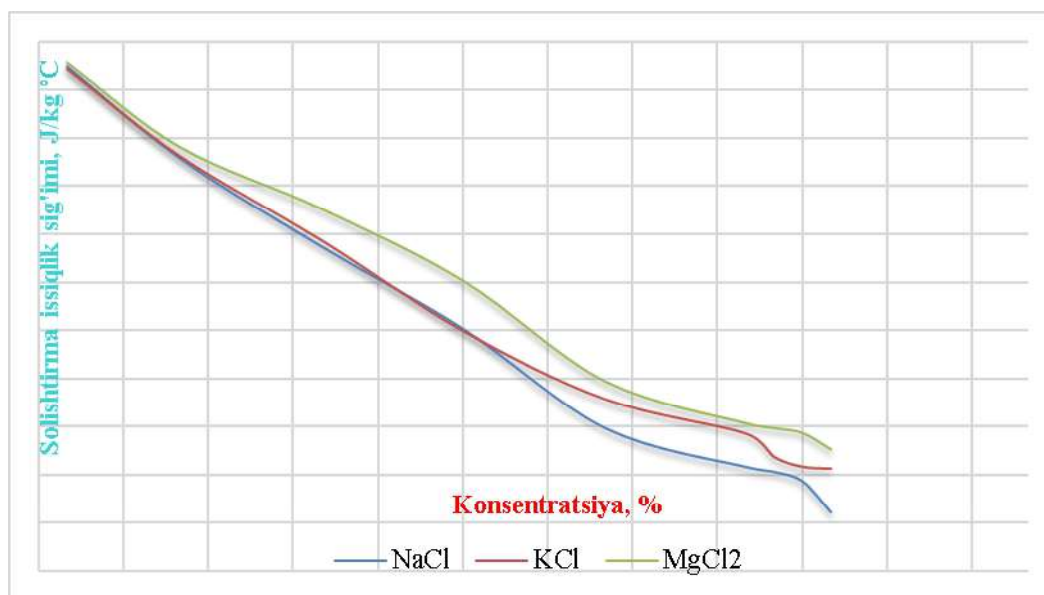
Yuqori harorat va konsentratsiyalarda NaCl, MgCl₂ va KCl sho‘r eritmasining solishtirma issiqlik sig‘imlari quyosh hovuzidan olinadigan issiqlik energiyasini hisoblashda muhim o‘rin tutadi. Adiyatik kalorimetr yordamida ushbu tuzlarning solishtirma issiqlik sig‘imini tajriba o‘lchov usuli bilan aniqlash ishlari o‘tkazildi. Tadqiqot jarayonlari davomida adiyatik kalorimetrik usul yordamida ushbu tuzlarning turli haroratlari va konsentratsiyalarida solishtirma issiqlik sig‘imlari aniqlandi. Ushbu tuzlar asosidagi sho‘r suvlar eritmasining solishtirma issiqlik sig‘imini aniqlanish uchun adiyatik kalorimetr mavjud bo‘lib, u quti ichiga joylashtirilgan sinov kamerasi, kameraga joylashtirilgan termometr va spiral simli isitish cho‘lg‘amidan iborat (4-pacm). Quyosh hovuzida NaCl, MgCl₂ va KCl tuzlarining sho‘rli eritmalari tayyorlandi. Tadqiqot ishlari davomida quyosh hovuzi qurilmasining yuqori konvetiv zonasi(UCZ), o‘rta konvetiv bo‘lmagan zonasi(NCZ) va pastki konvetiv zonasi(LCZ)dan har bir tuzning sho‘rli eritmasidan olingan na‘munalar harorati va konsentratsiyasi aniqlandi.



4-rasm. Ekspermental adiyatic kalorometr uskunasi.

Olib borilgan tadqiqot ishlari 20°C-70°C harorat oralig‘ida va sho‘r suv konsentratsiyasining 5%-28% qiymatlarida o‘tkazildi. Har bir tuzning sho‘rli eritmasida o‘tkazilgan tadqiqot natijalari

shuni ko'rsatdiki, harorat va sho'r suv konsentratsiyasining ortishi bilan eritmaning issiqlik sig'imi kamayib borishi aniqlandi.



5-rasm. NaCl, KCl va MgCl₂ sho'r eritmaları solishtirma issiqlik sig'implarining turli konsentratsiyalarda o'zgarish grafigi.

Quyosh hovuzida turli tuzlarning fizik-kimyoviy, issiqlik-texnik xususiyatlarini tadqiqot qilish hamda uning natijalari asosida quyidagi xulosalar keltirildi.

- Quyosh hovuzida MgCl₂ tuzli sho'r suvi qolgan ikki tuz sho'r suviga nisbatan zichlik profili yuqori bo'ldi va 1210 kg/m³ni tashkil etdi.
- Har bir tuzning zichlik profili hovuz pastki energiya saqlash zonasida tajriba boshida, tajriba sungiga qaraganda yuqoriroq bo'lishi aniqlandi.
- Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, har bir tuzning sho'rli eritmasida harorat va sho'r suv konsentratsiyasining ortishi bilan eritmaning issiqlik sig'imi kamayib borishi aniqlandi.
- NaCl tuzining sho'ri eritmasi issiqlik sig'imi 17% dan yuqori konsentratsiyalarda KCl, MgCl₂ eritmaları issiqlik sig'implaridan pastroq bo'lishi kuzatildi va quyosh hovuzi pastki energiya saqlash zonasi maksimal energiya yig'ishga erishdi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Farrokhi M. et al. Integration of a solar pond in a salt work in Sabzevar in Northeast Iran //Solar Energy. – 2022. – T. 244. – C. 115-125.
2. Элмуродов Н. С. и др. Сузишбассейнларининг энергия баланси таҳлили //Иновационтехнологиялар. – 2022. – Т. 3. – №. 3 (47). – С. 21-27.
3. Uzakov G. N., Elmurodov N. S., Davlonov X. A. Experimental study of the temperature regime of the solar pond in the climatic conditions of the south of Uzbekistan //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2022. – T. 1070. – №. 1. – C. 012026.
4. Узокков Г., Элмуродов Н., Давлонов Х. Ўзбекистон жанубидаги иқлим шароитида қуёш ховузининг ҳарорат режимини экспериментал ўрганиш//Innovatsion texnologiyalar. – 2022. – Т. 1. – С. 97-102.
5. Sifuna D. B. Optimizing thermal storage efficiency of a salt gradient solar pond using polyethylene membrane: дис. – Egerton University, 2015.



6. Hull, J. R., Bushnell, D. L., Sempson, D. G. and Pena, A. (1989a). Ammonium sulphate solar pond: observation from small scale experiments. *Journal of solar energy* 43: 57-63.
7. Hull, J. R. Nielsen, C. E. and Golding, P. (1989b). *Salinity-gradient solar ponds*. Florida: CRC Press, Inc: 175-189.
8. Tabor, H. (1978). Solar ponds (non-convecting)' in: *Solar Energy Conversion - an introductory course*. Toronto: Pergamon Press, Toronto, Canada: 167-183
9. Kaufmann D. W. *Sodium chloride: the production and properties of salt and brine*. – 1960.
10. Faqeha H. et al. An experimental study to establish a salt gradient solar pond (SGSP) // *Energy Procedia*. – 2019. – Т. 160. – С. 239-245.
11. Tabor H. *Solar ponds* // *Solar energy*. – 1981. – Т. 27. – №. 3. – С. 181-194.
12. Saxena A. K., Sugandhi S., Husain M. Significant depth of ground water table for thermal performance of salt gradient solar pond // *Renewable Energy*. – 2009. – Т. 34. – №. 3. – С. 790-793.
13. Murthy G. R. R., Pandey K. P. Scope of fertiliser solar ponds in Indian agriculture // *Energy*. – 2002. – Т. 27. – №. 2. – С. 117-126.
14. Hull JR, *Physics of the Solar Pond*, Ph.D, dissertation, Iowa State University, 1979
15. Zangrando F. *Observation and Analysis of a Full-Scale Experimental Salt Gradient Solar Pond* // Ph. D. Thesis. – 1979.
16. Sh H Ergashev et al 2022 IOP Conf. Ser.: *Earth Environ. Sci.* 1070 012031