

ANILINNI SULFOMETILLASH ASOSIDA MINERAL TUZLARNI YUVISH UCHUN REAGENT OLIISH VA UNING SAMARADORLIGINI BAHOLASH

Fazliddin Hasanovich Jahonov^{1,*}, Husniddin Nurboboyevich Rahimov¹, Hasan Irgashevich Qodirov², Shoyunus Botir o'g'li Obidov¹, Eldor Ergashvov o'g'li Mashayev¹

¹ Toshkent kimyo-texnologiya instituti, "Neft va gazni qayta ishlash kimyoviy texnologiyasi" kafedrası, Toshkent, O'zbekiston

² Toshkent kimyo-texnologiya instituti, "Asosiy organik sintez" kafedrası, Toshkent, O'zbekiston

* Corresponding author: fazliddinhasanovich@gmail.com

ARTICLE INFO

Dates:
Received: 17.09.2026
Revised: 26.09.2026
Accepted: 30.09.2026
DOI:
10.66960/jof.3093-8899.00041
Copyright:
CC BY 4.0

ANNOTATSIYA

Anilinni formaldegid va natriy bisulfit ishtirokida kuchsiz kislotali muhitda sulfometillash jarayoni o'rganildi hamda hosil bo'lgan mono- va disulfometilen anilinning tarkibi va tuzilishi aniqlandi. Tadqiqotlarda dastlabki reagentlarning molyar nisbati va haroratning mahsulot unumiga ta'siri baholandi. Anilin:formaldegid:natriy bisulfit nisbati 1:1:0,5 bo'lganda 70 °C haroratda monosulfometilen anilin unumi 80,0 % ni tashkil etgan; 1:2:1 nisbatda esa 90 °C da disulfometilen anilin unumi 57,4 % gacha yetgan. Sintez mahsulotlarining tuzilishi element tahlili, IQ va ¹H YaMR spektroskopiyasi, shuningdek yarimempirik kvant-kimyoviy usullar yordamida o'rganildi. Mineral tuz qatlamlarining hosil bo'lish omillari va ularni yuvishda kimyoviy hamda mexanik usullarni tanlash masalalari tahlil qilindi.

Kalit so'zlar: anilin, sulfometillash, monosulfometilen anilin, disulfometilen anilin, mineral tuzlar, bug' qozoni, tuz qatlami, yuvuvchi reagent, IQ-spektroskopiya, ¹H YaMR.

АННОТАЦИЯ

Изучен процесс сульфометилирования анилина в слабокислой среде в присутствии формальдегида и бисульфита натрия, а также определены состав и строение образующихся моно- и дисульфометилениланилинов. В исследованиях оценено влияние мольного соотношения исходных реагентов и температуры на выход продукта. При соотношении анилин:формальдегид:бисульфит натрия 1:1:0,5 при температуре 70 °C выход моносulfометилениланилина составил 80,0 %; при соотношении 1:2:1 выход дисульфометилениланилина при 90 °C достиг 57,4 %. Строение синтезированных продуктов изучали с помощью элементного анализа, ИК- и ¹H ЯМР-спектроскопии, а также полумпирических квантово-химических методов. Проанализированы факторы образования отложений минеральных солей и вопросы выбора химических и механических методов их удаления.

Ключевые слова: анилин, сульфометилирование, моносulfометилениланилин, дисульфометилениланилин, минеральные соли, паровой котел, солеотложение, моющий реагент, ИК-спектроскопия, ¹H ЯМР.

ABSTRACT

The sulfomethylation process of aniline in a weakly acidic medium in the presence of formaldehyde and sodium bisulfite was studied, and the composition and structure of the resulting mono- and disulfomethylene anilines were determined. The effects of the molar ratio of the initial reagents and temperature on the product yield were evaluated. At an aniline:formaldehyde:sodium bisulfite ratio of 1:1:0.5 and a temperature of 70 °C, the yield of monosulfomethylene aniline was 80.0%; at a ratio of 1:2:1, the yield of disulfomethylene aniline reached 57.4% at 90 °C. The structure of the synthesized products was studied using elemental analysis, IR and ¹H NMR spectroscopy, as well as semi-empirical quantum-chemical methods. The factors influencing the formation of mineral salt deposits and the selection of chemical and mechanical methods for their removal were analyzed.

Keywords: aniline, sulfomethylation, monosulfomethylene aniline, disulfomethylene aniline, mineral salts, steam boiler, salt deposit, cleaning reagent, IR spectroscopy, ¹H NMR.

How to cite:

Jahonov F.H., Rahimov H.N., Qodirov H.I., Obidov Sh.B., Mashayev E.E. (2026). Anilinni sulfometillash asosida mineral tuzlarni yuvish uchun reagent olish va uning samaradorligini baholash. *Journal of Future*, 2(6), 10–14. <https://doi.org/10.66960/jof.3093-8899.00041>

Kirish

Mineral tuzlarning issiqlik almashinuvchi qurilmalar, bug' qozonlari va texnologik uskunarlar yuzalarida to'planishi sanoat jarayonlarining samaradorligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Tuz qatlamlarining hosil bo'lishi issiqlik uzatishni yomonlashtiradi, quvurlarning o'tkazish qobiliyatini pasaytiradi va uskunalarning ekspluatatsion ishonchililigiga ta'sir qiladi. Qatlam hosil bo'lish jarayoni suvning kimyoviy tarkibi, harorat, bosim, eritmaning to'yinish darajasi va gidrodinamik sharoitlarga bog'liq bo'lib, karbonat va sul'fatlar kabi mineral birikmalar keng tarqalgan tuz qatlamlarini shakllantiradi [1].

Bug' qozonlarida mineral qatlamlarning shakllanishi issiqlik uzatish jarayoni bilan bevosita bog'liq bo'lib, tuz qatlami va uning ostidagi korroziya qurilmaning ishlash samaradorligi hamda xavfsizligiga jiddiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Pourabdollah tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlarda dengiz suvida ishlovchi bug' qozonlari quvurlaridagi qatlamlarning tarkibi va tuz osti korroziyasi o'rganilgan. Muallif tuz qatlamlarini XRF va XRD tahlillari asosida tavsiflab, ular asosan karbonatlar, gematit va γ-FeOOH kabi birikmalardan tashkil topishini ko'rsatgan [2].

Mineral tuz qatlamlarining kimyoviy tarkibini aniqlash ularni bartaraf etishning samarali usulini tanlashda muhim ahamiyatga ega. Kiefer va hammualliflar issiqlik almashtirgichlar va qozonlarda hosil bo'ladigan noorganik qatlamlarni Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) usuli yordamida tahlil qilish mumkinligini ko'rsatgan. Ushbu usul sulfat

va karbonat anionlarini, shuningdek bir xil anionga ega bo'lgan turli kationli tuzlarni farqlash imkonini beradi [3].

Mineral tuz qatlamlarini nazorat qilishda kimyoviy reagentlardan foydalanish keng tarqalgan. Ketrane va hammualliflar qattiq suvdan CaCO₃ cho'kishini oldini olishda turli polifosfat, polifosfonat va polikarboksilat asosidagi ingibitorlarni tadqiq qilgan. Tadqiqotda ingibitor samaradorligiga kontsentratsiya va haroratning ta'siri o'rganilgan hamda mineral qatlamlarning mikrotuzilishi SEM/EDS va Raman spektroskopiyasi yordamida tahlil qilingan [4].

Mineral tuzlarni ingibirlashda qo'llaniladigan sintetik reagentlarning ta'sir mexanizmi ham muhim hisoblanadi. Mpelwa va Tang ma'lumotlariga ko'ra, sintetik ingibitorlar mineral tuzlarning nukleatsiyasi, kristall o'sishi va kristall strukturasi shakllanishiga ta'sir qilishi mumkin. Mualliflar mineral tuzlarga qarshi qo'llaniladigan reagentlar orasida polikarboksilatlar va sulfonlangan birikmalar ham mavjudligini ko'rsatgan [5].

Tuz qatlamlarini shakllangandan keyin bartaraf etishda kimyoviy eritish usullari ham muhim o'rin tutadi. Kamal va hammualliflar turli mineral tuzlarni kimyoviy usulda olib tashlashda an'anaviy kislotalar bilan bir qatorda organik kislotalar va xelatlovchi reagentlardan foydalanish imkoniyatlarini tahlil qilgan. Mualliflar mineral qatlamlarning tarkibiga qarab reagent tanlash zarurligini va ayrim an'anaviy kislotalar metall korroziyasiga sabab bo'lishi mumkinligini ta'kidlagan [6].

Xelatlovchi reagentlardan foydalanish mineral tuzlarni eritishning samarali yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Luo va hammualliflar bariy

sulfat qatlamlarini olib tashlash uchun DTPA va natriy poliakrilat asosidagi xelatlovchi tizimni ishlab chiqqan. Tadqiqotda reagentning tuzni eritish qobiliyati, zararlari o'ldirish, korrozion xususiyatlari va yuza morfologiyasi baholangan. Natijalar xelatlash, kristall panjarasining buzilishi va dispersiyalash mexanizmlarining birgalikda ta'sir qilishi tuz qatlamini olib tashlash samaradorligini oshirishini ko'rsatgan [7].

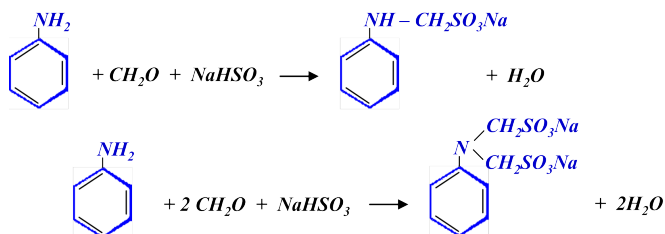
Shunday qilib, mavjud tadqiqotlar mineral tuz qatlamlarining hosil bo'lishini nazorat qilish, ularning tarkibini aniqlash va kimyoviy reagentlar yordamida bartaraf etish masalalariga katta e'tibor qaratilganini ko'rsatadi [8,9]. Biroq bug' qozonlari yuzasida to'plangan mineral tuzlarni yuvishda sulfometillangan anilin asosidagi reagentlarni olish va ularning yuvish samaradorligini baholash masalasi alohida tadqiqotni talab qiladi. Shu nuqtai nazardan, mazkur ishda anilinni formaldegid va natriy bisulfid ishtirokida sulfometillash jarayoni, hosil bo'lgan mono- va disulfometilen anilinning tarkibi va tuzilishi hamda ularning mineral tuz qatlamlarini yuvishdagi samaradorligi o'rganildi.

Materiallar va metodlar

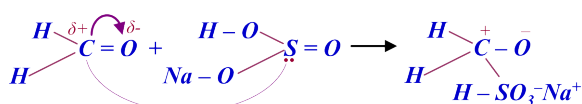
Anilinni sulfometillash reaksiyasida anilin, formaldegid va natriy bisulfid foydalanildi. Reaksiya kuchsiz kislotali muhitda 30, 50, 70 va 90 °C haroratlarda, 3 soat davomida olib borildi. Sintez mahsulotlarining tarkibi va tuzilishi element tahlili, IQ-spektroskopiya va ¹H YaMR spektroskopiya usullari yordamida aniqlandi. Molekularning geometriyasi va elektron tuzilishi PM3 yarimempirik kvant-kimyoviy usuli bilan o'rganildi. Mineral tuzlarni yuvish samaradorligini baholashda kolba-reaktor, nasos, kranlar, namuna patroni, elektr plita, termometr va gaz chiqarish nayidan tashkil topgan laboratoriya qurilmisidan foydalanildi. Yuvish jarayonida reagent dozasi, harorat va eritma oqim tezligi nazorat qilindi.

Natijalar va muhokama

Anilinni sulfometillash reaksiyasi uchun dastlabki xomashyolar anilin, formaldegid va natriy bisulfid kuchsiz kislotali muhitlardan kondensirlanadi. Reaksiya quyidagi sxema bo'yicha amalga oshadi:



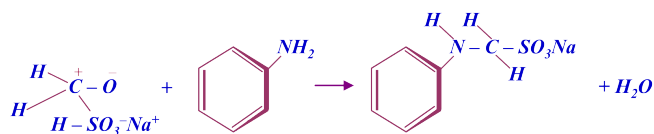
Mono- va disulfometilen anilini unumining dastlabki xomashyolar nisbatiga bog'liqligini o'rganishlar shuni ko'rsatadiki, MSMA so'f holatida maksimal miqdorlarda hosil bo'lishi 1:1:0,5 nisbatlarda 70 °Cda kuzatiladi; natriy bisulfiti miqdorining yoki haroratning oshirilishi bilan reaksiya aralashmada DSMA miqdori ko'payib, 90 °C da 1:1:1 nisbatlarda 57,4 % gacha yetadi. Tajribalar natijalari anilinning natriy bisulfid ishtirokida formaldegid bilan kondensatsiyasi formaldegid miqdoriga bog'liq bo'lmashligini ko'rsatadi, va buning sababini quyidagicha tushuntirish mumkin bo'ladi: reaksiyaning dastlabki bosqichida formaldegid natriy bisulfid bilan ta'sirlashadi, bu reaksiyani gidrosulfid anionining S nukleofil bilan ta'siri deiyish mumkin:



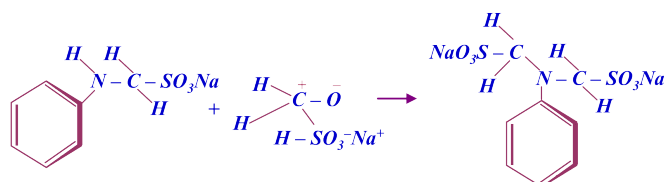
formaldegidning karbonil guruhi kuchli qutbli guruh bo'lgani uchun oson qutblanadi, shu bilan birga gidrosulfid oltingugurti o'zining umumlashmagan elektronlari bilan karboksil guruhi uglerodiga hujum qiladi, natijada yangi uglerod oltingugurt bog' hosil bo'ladi.

Hosil bo'luvchi oraliq modda o'ta beqaror bo'lgani uchun, gidroksil guruhining siqib chiqarilishi, gidrosulfid ionidagi vodorodning migratsiyasi bir vaqtda amalga oshadi. Ayni vaqtda reaksiya muhitida anilinning mavjudligi bu sharoitda aminoguruhi ionlashgan vodorodlarning

gidroksil guruhlari bilan ta'sirlashuvi protonlashgan suv ionlarining hosil bo'ligishiga olib keladi hamda natijada tayyor mahsulot monosulfometilen anilin molekulari hosil bo'ladi:



Reaksiyaning bu ketma-ketlikda davom etishi bilan, reaksiya aralashmada monosulfometilen anilinning konsentratsiyasi ortishi bilan reaksiya aralashmada disulfometilen anilinning miqdori ham ortib boradi:



Reaksiya dastlabki xomashyolarining turli nisbatlarida amalga oshirildi: aniqlandiki, anilin: formaldegid: natriy bisulfid mol nisbatlari 1:1:0,5 nisbatlarida reaksiya aralashmada asosiy mahsulot monosulfometilen anilin (MSMA), 1:1:1 nisbatlarda esa disulfometilen anilin (DSMA) hosil bo'ladi. Sulfometilen anilin hosil bo'lish unumiga dastlabki reagentlar nisbatining bog'liqligi 1-jadvalda berilgan.

1-jadval. Mono- va disulfometilen anilini unumining dastlabki xomashyolar nisbatiga bog'liqligi (reaksiya davomiyligi 3 soat)

Mol nisbatlari	Harorat, °C	Unum, %	
		MSMA	DSMA
1:1:0,5	30	26,4	4,8
1:2:1		7,8	18,0
1:1:0,5	50	47,3	7,8
1:2:1		16,2	25,5
1:1:0,5	70	80,0	0,8
1:2:1		24,6	49,8
1:1:0,5	90	78,1	1,9
1:2:1		22,2	57,4

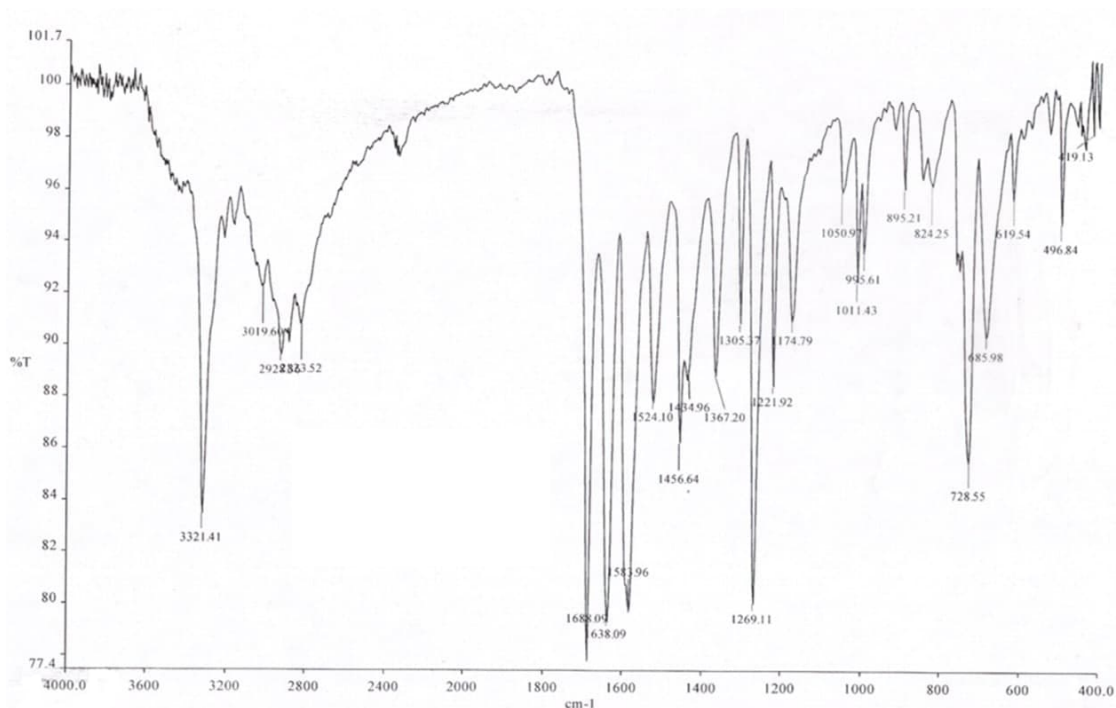
Olingan sulfometilen anilin hosilalarining tuzilishi va tarkibi element tahlili, IQ- (1-rasm) va ¹H YaMR- (2-rasm) spektroskopiya usullari bilan aniqlandi.

Anilin, formaldegid va natriy bisulfid kuchsiz kislotali muhitlardan kondensirlanish mahsulotlari IQ-spektrida sulfometilen anilining xos quyidagi tahlil chiqizlari aniqlandi: 1190-1205 sm⁻¹ yutilish chizig'ida -C-N bog'ga xos valent teranishlari, 1048-1075 sm⁻¹ oblastlarda O=S=O guruhiga hos valent tebranishlar, 3422-3448 sm⁻¹ yutilishlarda aromatik xalqadagi -N-H guruhi bilan mos, 1663,2 sm⁻¹ oblastda aromatik xalqadagi C-C bog' va 1454-1472 sm⁻¹ chegaralarda metilen guruhiga xos deformatsion yutilishlarni ko'rish mumkin.

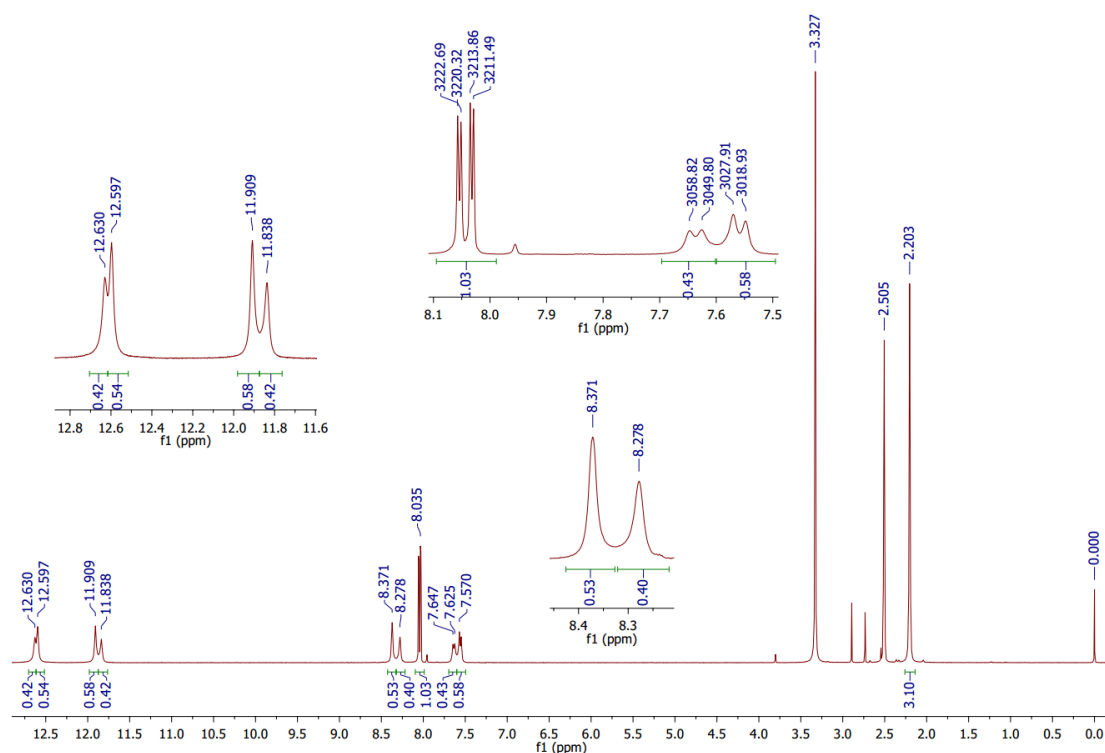
2-jadvalda sintezlangan MSMA va DSMA lar uchun element tarkiblar berilgan.

¹H YaMR spektrda metilen guruhi protonlari kimyoviy siljish qiymati 2.2 m.u. da (3H, singlet) va kuchsiz sohada benzol halqasidagi H-6-holatdagi aromatik proton 8.04 m.u. dublet ko'rinishida namoyon bo'lgan (2-rasm).

H-7-holatdagi proton ikkita sohada kimyoviy siljish qiymatida 7.55 m.u. dublet ko'rinishida 7a va 7.63 m.u. da esa dublet ko'rinishida 7b namoyon qilgan, 8.37 m.u. H-4-holatdagi proton cinglet 4a va 8.28 m.u. da esa cinglet 4b ko'rinishlarida, 2-holatdagi ekzotsiklik amino guruh protoni 12.6 m.u. da singlet NHCN va 12.63 m.u. singlet NHCN ko'rinishida, 1-holatdagi endotsiklik amino guruh esa 3-holatdagi endotsiklik amino guruh bilan proton migratsiyasida ishtirok etib 11.91 m.u. singlet NH va 11.84 m.u. singlet NH ko'rinishida namoyon qilgan.



1-rasm. Anilin, formaldegid va natriy bisulfid kuchsiz kislotali muhitlardan kondensirlanish mahsulotlari IQ-spektri.



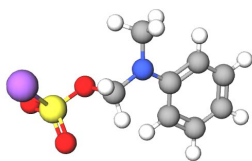
2-rasm. Anilin, formaldegid va natriy bisulfid kuchsiz kislotali muhitlardan kondensirlanish mahsulotlari PMR- spektr

Shuni ko'rsatib o'tish kerakki, sulfometilen anilin hosilalari sintezi organik kimyo nazariyasining barcha qonuniyatlari bilan mos keladi: tayyor sulfometilen anilin hosil bo'lish unumi 80 % dan yuqori. Reaksiya vaqtining uzayishi bilan suvli eritmalarida hosil bo'luvchi sulfometilen anilin gidrolizga uchraydi va dastlabki mahsulotlar o'tishi bilan reaksiya unumi kamayadi; reaksiyaga harorat ham o'z ta'sirini ko'rsatadi, jumladan 50 dan 70 °C gacha reaksiya dastlabki mahsulotlarining reaksiyon faolligi sust, haroratning 70 °C gacha oshirilishi bilan ularning reaksiyon faolligi ham oshib, reaksiya unumi ham ortadi, bunday haroratlarda reaksiya unumini ortishini anilinning suvda eruvchiligi yuqori harorat-

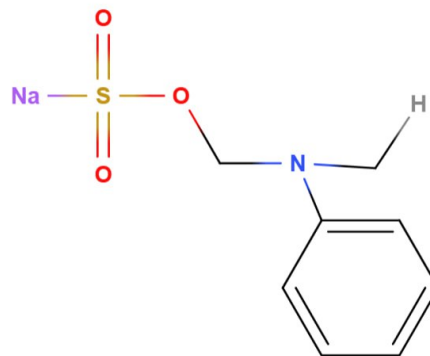
larda ortishi bilan ham bog'lash mumkin; haroratning yanada ortishi esa gidroliz va eliminirlanish hamda formalinning polimerlanish reaksiyalarining amalga oshishi bilan reaksiya unumi pasayadi.

Shuningdek olingan moddalarning geometriyasi va elektron tuzilishi yarimempirik kvant-kimyoviy usulda RMZ yordamida o'rganildi (3,4-rasmlar).

Tuz tuzilmalari NKT kolonnalarining perforatsiya kanallari, klapanlar, nasoslar, shuningdek burg'ulangan quduq uskunalari va quvurlar ichki yuzasida to'planuvchi va ular orqali o'tuvchi suyuqlikka to'sqinlik qiluvchi yig'ilmalardir. Tuz yig'ilmalari oddiy uy choynaklari yuzasidagi



3-rasm. MSMA tuzilishi



4-rasm. MSMA molekulasidagi atomlar taqsimoti

2-jadval. MSMA va DSMA element tarkibi

Brutto formula	M, g/mol	Element	Topildi, %	Aniqlandi, %
MSMA				
C ₇ H ₈ NNaO ₃ S	209,36	C	40,2	42,3
		H	3,8	3,2
		N	6,1	7,4
		O	22,9	20,8
		S	15,3	14,6
		Na	11,0	11,7
DSMA				
C ₈ H ₉ NNa ₂ O ₆ S ₂	325,86	C	29,6	30,3
		H	2,8	3,1
		N	4,3	4,7
		O	29,4	28,9
		S	19,7	20,6
		Na	14,2	12,4

kabi, nasos qurilmalaridan tortib boshqa yondosh qurilmalarning suv oqimi mavjud bo'lgan yuza qismida hosil bo'ladi. IES da kuzatiluvchi tuz tuzilmalarining aksariyati ushbu suvlardagi qum tarkibidagi bo'sh tuproq jinslari hisobiga yoki tarkibidagi aralashmalar bois, bir-biriga no-mutanosib bo'lgan suvlar aralashtirilishi natijasida hosil bo'ladi. Ishlatilayotgan suv neft-gaz burg'ulangan quduqlardan yoki nasos orqali uzatilayotganidan qat'iy nazar, ularda tuz yig'ilmalari hosil bo'lish ehtimoli mavjuddir. Hududidagi suvlar tuz yig'ilmalariga boy bo'lgan, Shimoliy dengiz va Kanada misolidagi joylarda ushbu ko'rsatkich konchilik sohasidagi asosiy muammolardan sanaladi. Tuz tuzilmalari qazilma ishlari olib borilayotgan joyning yaqin hududlaridagi tog' jinslari kovagida rivojlanib, ularning g'ovakdor va o'tkazuvchan bo'lishiga to'sqinlik qiladi. Ushbu holat NKT kolonnadagi perforatsion kanallar tiqilishi natijasida oqimni to'sishga yoki ulardagi tirqishning torayishiga olib keladi. Shuningdek, bu muammo burg'ulash quduqlarining yopilishi, ular tarkibidagi uzuvchi klapanlar va gazlift mandrellari kabi uskunalarining shikastlanishiga olib keladi. Tuz yig'imi bilan bog'liq muammo ta'sirli va favqulodda bo'lishi mumkin: masalan, Shimoliy dengizdagi Miller konida muhandislar 24 soat oralig'ida qazib olish 30 000 bardan (4770 m^3) dan nol'gacha tushib qolganini ko'rib hayratda qolishgan. Unga bog'liq moliyaviy harajatlar ham salmoqli bo'lgan. Tuz yig'ilmalari hosil bo'lishining oldini olish borasidagi harajatlar yo'qotilgan mahsulot sifatida sanoatga millionlab dollar miqdorida tushadi. Yaqin vaqt-largacha ushbu muammoni hal qilish usullari kamchil va samaradorligi past edi. Tuz tuzilmalarini yo'qotish usullari ularning holati va fizikaviy xususiyatiga qarab kimyoviy va mexanik usullarni o'z ichiga olgan. Ayrim mineral tuzlar, masalan, kal'tsiy karbonati (CaCO_3) kislotalarda eriydi boshqalari esa yo'q. Ba'zi paytlarda tuz yig'ilmalarini kimyoviy erishdan yelimsimon yoki parafinli uglevodorodli pilyonkalar saqlaydi. To'planib qoluvchi, o'tkazib bo'lmas qattiq qatlamlarni olib tashlash uchun katta kuch talab etiladi va ekspluatatsiyadagi qozonlar diametrin-

ing torayishiga yoxud butunlay bitib qolishiga olib keladi. Bu holatda tuz tuzilmalari yig'ilishining oldini olish maqsadida, odatda mexanik usul yoki kimyoviy ishlov berishdan foydalaniladi. Shunga qaramay, bariy sulfatiga (BaSO_4) o'xshash ba'zi qattiq tuzilmalar ham kimyoviy hamda mexanik ta'sirga nisbatan o'ta chidamlilik namoyon qiladi.

Tuz tuzilmalarini yo'qotish sohasiga oid zamonaviy ishlanmalar yaratilishidan avvalroq, ushbu muammo ustida ishlayotgan operatorlar ishlab chiqarishni to'xtatishga, qozondagi shikastlangan quvurlarni maxsus moslamalar yordamida chiqarib olishga va so'ngra ular yuzasiga ishlov berishga yoki butunlay almashtirishga majbur bo'lardilar.

Mazkur maqolada neft qazib olishda uchraydigan tuz to'planishlarining fizik sabablarini umumlashtiramiz. Tuz tuzilishlariga eltuvchi sabablarni, shuningdek ular aynan qayerda paydo bo'lishini o'rganish bizga qanday qilib tuz qoplamalarini olib tashlash va burg'ulangan quduqning uzoq muddatli unumdorligini tiklashga qaratilgan maxsus jihozlarni loyihalashni tushunishga yordam beradi. So'ngra bosim ostida suyuqlik yuborish usullari sohasiga oid zamonaviy ishlanmalar bilan birga, tuz tuzilmalarini yo'qotishda foydalanishga qaratilgan kimyoviy va fizik qo'llanmalarni umumiyashtiramiz. Oxirida oqimlar tarkibidagi tuzlarning cho'kmaga tushishining oldini olish maqsadida, aniq kimyoviy muvozanatni saqlashda yordam beruvchi, suvga ishlov berishga va yangi ingibitorlarga oid natijalar bilan tanishamiz.

Tuz tuzilmasi manbalari

Tuz tuzilmasi hosil bo'lishida asosiy manbaa bo'lgan suv ushbu jarayonda muhim rol o'ynaydi. Suv ko'pgina moddalar uchun erituvchi bo'lib hisoblanadi va bir vaqtning o'zida bir qancha erigan mineral tuzlarni katta miqdorda tashish xususiyatiga egadir. Tabiatdagi barcha suvlar tarkibida ushbu muhitga erishga moyil bo'lganligi sababli birikkan komponentlar mavjuddir. Shu sababli ionlarga boy, ayrimlari mineral fazalarga to'yinish me'yoriy chegarasida bo'lgan murakkab eritmalar tashkil topishigacha bo'ladi. Odatda dengiz suvi tarkibini uning hayot faoliyati va suv bug'lanishi mahsuloti bo'lgan, ko'p miqdordagi ionlar tashkil etadi. Oqava suvlar va sayoz qatlam suvlari ko'pincha aralashgan bo'lib, kimyoviy tarkibi bo'yicha gaz va neftga yo'ldosh, chuqur yer osti suvlaridan farq qiladi.

Chuqur yer osti suvlari ionlar bilan cho'kindi jinslar hisobida to'yinadi. Karbonatli jinslar yoki ohaksimon tuproq suvi tarkibida odatda ortiqcha ikki valentli kal'tsiy (Ca^{2+}) va magniy (Mg^{2+}) kationlari mavjud. Tuproq tarkibidagi qatlam suvlar tarkibida bariy (Ba^{2+}) va strontsiy (Sr^{2+}) kationlari bor. Jinslardagi erigan tuzlar umumiy miqdori $400\,000 \text{ mg/l}$ ($3,34 \text{ ppg}$) gacha yetishi mumkin. Aniq tarkibi mineral diagenesi va geologik davr mobaynidagi flyuidlar oqimi jarayoni va aralashish kabi boshqa turdagi almashinuvlarga bog'liq. Tuz paydo bo'lishi istalgan tabiiy aralashma holati bir yoki bir necha komponentlarning eruvchanligi oshishi hisobiga buzilishi paytida boshlanadi. Minerallar eruvchanligi harorat va bosimga nisbatan murakkab bog'liqligi asnosida kechadi. Ko'pgina ionlar yuqori haroratlarda eriydi. Shunday

qilib, bosimning kamayishi eruvchanlik kamayishiga olib keladi va emperik qoida sifatida – bosimning har bir 7000 psi (48 MPa) kamayishida ko'pgina minerallar eruvchanligi ikki barobar kamayadi. Ammo hamma minerallarda ham haroratga bog'liklik kuzatilmaydi. Masalan, kal'tsiy karbonatida bu bog'liklikning teskarisi kuzatiladi, ya'ni harorat pasaygani sari eruvchanligi ortib boradi. Bariy sulfati eruvchanligi 25°C dan 100°C [77°F do 212°F] harorat diapazoni oralig'ida 2 barobarga ortadi va 200°C (392°F) haroratga yaqinlashganda xuddi shunchaga kamayadi. Ushbu holatda modda tarkibidagi muhitiy ionlar kontsentratsiyasining ko'payishi uning eruvchanligiga ta'sir qiladi. Qo'shimcha qiyinlik - karbonatli minerallarning uglerod dioksidi (CO₂) yoki vodorod sulfidi (H₂S) kabi karbonat gazlar ishtirokida erishi. Kislotali muhit yuqorilashgani sari karbonatning eruvchanligi ortib boradi, CO₂ va H₂S yuqori bosimda sezilarli darajadagi kislotaviy muhitni ta'minlaydi. Shu bois, qatlam suvlari karbonatli jinslar va erigan gazlar bilan to'qnashganda erigan karbonatga to'yinadi. Erish grafikasi aralashma tarkibi, harorat suyuqlik ustidagi gaz bosimiga qarab murakkab notekis moyillikka ega va bosimning eruvchanlikka ta'sir samarasi mineral eruvchanligiga bosimning ta'siriga nisbatan kattaroq ko'rsatgich namoyon qiladi. Umuman olganda, CO₂ bosimi pasaygan sari pH ko'tarilishiga sabab bo'lib, suvdan xalos bo'ladi, bu holat kal'tsit cho'kmasi hosil bo'lishiga olib keladi.

Xulosa

Tadqiqot natijalari anilinni formaldegid va natriy bisulfit bilan sulfometillash orqali mineral tuz qatlamlarini yuvishda qo'llash mumkin bo'lgan mahsulotlarni olish imkoniyatini ko'rsatdi. 1:1:0,5 molyar nisbatda 70 °C da MSMA unumi 80,0 % ga yetdi, 1:2:1 nisbatda esa 90 °C da DSMA unumi 57,4 % ni tashkil qildi. IQ va ¹H YaMR spektroskopiyasi hamda element tahlili sintez mahsulotlarining tarkibi va tuzilishi haqidagi ma'lumotlarni tasdiqladi. Mineral tuz qatlamlarini bartaraf etishda reagent tanlash qatlamning kimyoviy tarkibi, mustahkamligi va fizik tuzilishiga mos bo'lishi kerak. Manbada keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra, reaksiya vaqti va haroratni nazorat qilish mahsulot unumini saqlashda muhim ahamiyatga ega.

Adabiyotlar ro'yxati

- [1] Kamal M.S., Hussein I., Mahmoud M., Sultan A.S., Saad M.A.S. Oilfield scale formation and chemical removal: A review // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. — 2018. — Vol. 171. — P. 127–139. — DOI: 10.1016/j.petrol.2018.07.037.
- [2] Pourabdollah K. Fouling formation and under deposit corrosion of boiler firetubes // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. — 2021. — Vol. 9, No. 1. — Article 104552. — DOI: 10.1016/j.jece.2020.104552.
- [3] Kiefer J., Stärk A., Kiefer A.L., Glade H. Infrared Spectroscopic Analysis of the Inorganic Deposits from Water in Domestic and Technical Heat Exchangers // *Energies*. — 2018. — Vol. 11, No. 4. — Article 798. — DOI: 10.3390/en11040798.
- [4] Ketrane R., Saidani B., Gil O., Leleyter L., Baraud F. Efficiency of five scale inhibitors on calcium carbonate precipitation from hard water: Effect of temperature and concentration // *Desalination*. — 2009. — Vol. 249, No. 3. — P. 1397–1404. — DOI: 10.1016/j.desal.2009.06.013.
- [5] Mpelwa M., Tang S.-F. State of the art of synthetic threshold scale inhibitors for mineral scaling in the petroleum industry: a review // *Petroleum Science*. — 2019. — Vol. 16. — P. 830–849. — DOI: 10.1007/s12182-019-0299-5.
- [6] Hassan A., Mahmoud M., Bageri B.S., Aljawad M.S., Kamal M.S., Barri A.A., Hussein I.A. Applications of chelating agents in the upstream oil and gas industry: A review // *Energy & Fuels*. — 2020. — Vol. 34, No. 12. — P. 15593–15613. — DOI: 10.1021/acs.energyfuels.0c03279.
- [7] Luo Z., Zhang N., Zhao L., Wang C., Wu L., Liu P., Ji H. A chelating agent system for the removal of barium sulfate scale // *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*. — 2020. — Vol. 10. — P. 3069–3079. — DOI: 10.1007/s13202-020-00886-5.
- [8] Obidov Sh.B., Qodirov H.I., Rahimov X.N., Mashaev E.E. Oksietilidendifosfon kislotasi asosidagi korroziya ingibitorlarini olish // *Journal of future*. — 2025. — Vol. 1. Iss. 1. — pp. 22–33. <https://doi.org/10.66960/7ncjhg82>
- [9] Davronov S.S., Obidov Sh.B. Mineral tuzlar to'planishiga qarshi samarali ingibitor sintezi va uning neft-gaz sohalarida qo'llanilishi // *Journal of future*. — 2026. — Vol. 2. Iss. 1. — pp. 48–56. <https://doi.org/10.66960/jof.3093-8899.00019>