

**UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY  
DARAJALAR BERUVCHI DSc.02.30.12. 2019.K/T.35.01 RAQAMLI ILMIY  
KENGASH**

---

**TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI  
UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI**

**XO‘JANAZAROVA SARVIGUL RUSTAM QIZI**

**AKRILAMID SOPOLIMERI KALIYLI TUZI ASOSIDA BURG‘ILASH  
ERITMALARI MODIFIKATORLARINI YARATISH**

**02.00.11 - Kolloid va membrana kimyosi**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Toshkent-2025**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**

**Contents of the dissertation abstract of doctor of filosofy (PhD)**

**Хо‘janazarova Sarvigul Rustam qizi**

Akrilamid sopolimeri kaliyli tuzi asosida burg‘ilash eritmalari modifikatorlarini yaratish ..... 3

**Хўжаназарова Сарвигул Рустам Кизи**

Создание модификатора буровых растворов на основе калиевой соли сополимера акриламида .....21

**Хожаназарова Сарвигул Рустам қизи**

Development of multilayer cross-linked polymers and their application to improve the thermal stability of drilling fluids..... 39

**Е‘lon qilingan ilmiy ishlar ro‘yxati**

Список опубликованных работ

List of published works ..... 43

**UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY  
DARAJALAR BERUVCHI DSc.02.30.12.2019.K/T.35.01 RAQAMLI ILMIY  
KENGASH**

---

**TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI  
UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI**

**XO‘JANAZAROVA SARVIGUL RUSTAM QIZI**

**AKRILAMID SOPOLIMERI KALIYLI TUZI ASOSIDA BURG‘ILASH  
ERITMALARI MODIFIKATORLARINI YARATISH**

**02.00.11 - Kolloid va membrana kimyosi**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI  
AVTOREFERATI**

**Toshkent-2025**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar Vazirligi huzuridagi Oliy Attestatsiya Komissiyasida B2025.2.PhD/T5541 raqam bilan ro'yxatga olingan**

Dissertatsiya Toshkent kimyo-texnologiya instituti va Umumiy va noorganik kimyo institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida [www.ionx.uz](http://www.ionx.uz) va «Ziyonet» axborot ta'lim portalida ([www.zionet.uz](http://www.zionet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Buxorov Shuxrat Buriyevich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:**

**Eshmetov Izzat Do'simbatovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Akramov Baxshillo Shafiyevich**  
texnika fanlari nomzodi, professor

**Yetakchi tashkilot:**

**Qoraqalpoq Davlat Universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti huzuridagi DSc.02.30.12.2019.K/T.35.01 raqamli Ilmiy kengashning «15» avgust 2025 yil soat 14:00 dagi majlisida bo'lib o'tadi. Manzil: 100170, Toshkent shahri, Mirzo Ulug'bek ko'chasi, 77-a. Tel.: (+99871) 262-56-60; faks: (+99871) 262-79-90, e-mail: [ionx@academy.uz](mailto:ionx@academy.uz).

Dissertatsiya bilan Umumiy va noorganik kimyo institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (10-raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100170, Toshkent shahri, Mirzo Ulug'bek ko'chasi, 77-a. Tel.: (99871) 262-56-60; faks: (+99871) 262-79-90).

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil « 1 » avgust kuni tarqatildi.  
(2025 yil « 1 » avgust № 10- reyestr bayonnomasi)



**B.S. Zakirov**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy  
kengash raisi, k.f.d., prof.

**D.S. Salixanova**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy  
kengash kotibi, t.f.d., prof.

**I.D. Eshmetov**

Ilmiy daraja beruvchi ilmiy kengash qoshidagi  
ilmiy seminar raisi, t.f.d. prof.

## **KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiya annotatsiyasi)**

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati.** Butun dunyoda quduq burg'ilash jarayonida gil jinslarining bo'kishi va dispersiyasi yomonlashganligi tufayli quduq devorlarining barqarorligi muammosi dolzarb bo'lib qolmoqda, bu esa quduqlarni qurish vaqtini va xarajatlarini oshiradi. Yangi kimyoviy reagentlar, jumladan, burg'ulash eritmalarini ingibirlovchi va modifikatsiyalovchi vositalar ishlab chiqilmoqda, bu esa salbiy jarayonlarni minimallashtirish va burg'ulash samaradorligini oshirish imkonini beradi. Shuningdek, optimallashtirilgan tarkib va ularni olish texnologiyalari asosida polimer birikmalari asosida innovatsion ingibitorlarni yaratish, ularning haqiqiy burg'ulash sharoitlarida samaradorligini baholash quduqlar barqarorligini oshirish va burg'ilash jarayonlarining ekologik ta'sirini kamaytirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Jahonda gilning bo'kishini ingibirlash qobiliyatlari yuqori bo'lgan yangi materiallarni yaratish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Shuning uchun, tabiiy xom ashyolar, sintetik polimerlar va sanoat chiqindilari asosida yangi ingibitorlar va ingibirlovchi burg'ulash eritmalarini olish va o'rganishga alohida e'tibor qaratilmoqda, ularning burg'ulash jarayonidagi samaradorligini aniqlash, turli jinslar-minerallar bilan o'zaro ta'sir tabiati, olingan loy bo'kishini ingibirlovchilarning tarkibi va xususiyatlarini o'rganish, ularni ishlab chiqarish texnologiyasini ishlab chiqish va sinovdan o'tkazish, shuningdek, atrof-muhitga mumkin bo'lgan salbiy ta'sirlarni oldini olish kabi masalalarga asosiy e'tibor qaratilgan.

Respublikada yangi materiallar, jumladan, mahalliy xom ashyo va sanoat chiqindilari asosida gilli slanets ingibitorlarini olish bo'yicha ilmiy va amaliy natijalarga erishildi. O'zbekistonning 2022-2026 yillarga mo'ljallangan rivojlanish strategiyasining uchinchi yo'nalishida, mamlakat iqtisodiyotining barqarorligini ta'minlash va ichki mahsulotdagi sanoat ulushini oshirish, sanoat mahsulotlari ishlab chiqarish hajmini 1,4 baravar oshirish kabi vazifalar belgilangan...»<sup>1</sup>. Bu jihatdan, zamonaviy kimyo va burg'ulash sanoati talablariga javob beradigan yuqori samarali ingibirlovchi reagentlarni yaratish, ularni funksional xususiyatlari hamda olish sharoitlari o'rtasidagi bog'lanishni aniqlash bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib boorish katta ahamiyatga ega.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida», 2017 yil 7 fevraldagi PF-4947-son «O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha harakatlar strategiyasi to'g'risida» Farmonlari, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 23 avgustdagi PQ-3236-son «2017-2021-yillarda kimyo sanoatini rivojlantirish dasturi to'g'risida», 2018 yil 25 oktabrda PQ-3983-son «O'zbekiston Respublikasida kimyo sanoatini jadal rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi Qarorlari hamda ushbu sohaga tegishli boshqa normativ-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga mazkur dissertatsiya tadqiqoti ma'lum darajada xizmat qiladi.

---

<sup>1</sup>O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60 «2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi Farmoni

**Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining asosiy ustuvor yo'nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot Respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining VII. «Kimyo texnologiyalari va nanotexnologiyalar» ustuvor yo'nalishiga muvofiq bajarilgan.

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.**

Dunyoda reaktivlar va materiallar, jumladan, ingibitorlik xususiyatlarni yaxshilash uchun suvda eriydigan polimerlar yaratish bo'yicha faol ravishda Zhong Hong, Qiu Zhongbin, Huang Wenhua, Jain Ritesh, Mahto Virendra, Mahto T.K., Ahmad H.M., Kamal M.S., Al-Harhi M.A., De Souza C.E.C., Nascimento R.S.V., Anderson Robert, Ratcliffe Ian, Greenwell Howard C., Coveney Peter V., Sepehri S., Soleyman R., Varamesh A., Valizadeh M., Nasiri A. ilmiy maktablari tomonidan maqsadli tadqiqotlar o'tkazilmoqda

O'zbekistonda K.S. Ahmedov rahbarligida suvda eriydigan polimerlar - burg'ulash eritmaları uchun kimyoviy reaktivlar yaratishga qaratilgan ilmiy maktab tashkil etilgan bo'lib, uning vakillari: E.A. Aripov, F.L. Glekel, S.S. Hamraev, S.N. Aminov, A.A. Agzamxo'jayev, U.K. Ahmedov, G.R. Narmetova, I.K. Sataev, S.A. Abdurahimov, I.D. Eshmetov, Sh.A. Kuldasheva, B.Z. Adizov, A.B. Abdikamalova va boshqalar bu maktab rivojiga katta hissa qo'shganlar.

Shuni ta'kidlash kerakki, hozirgi kunga qadar yangi samarali loyqa toshlar uchun texnologiyalarni ishlab chiqishga bag'ishlangan kompleks tadqiqotlar mavjud emas, ularning tarkibi, ta'sir mexanizmlari va qo'llash uchun optimal sharoitlarni hisobga olgan holda. Mavjud ingibitorlar ko'pincha ishlab chiqarish xarajatlari yuqori bo'lishi bilan ajralib turadi va har doim ham haqiqiy quduqlardagi sharoitlarda zarur samaradorlikni ko'rsatmaydi, bu esa yaxshilangan xususiyatlarga ega innovatsion yechimlarni ishlab chiqishni talab qiladi.

**Tadqiqotning dissertatsiya bajarilgan ilmiy-tadqiqot muassasining ilmiy-tadqiqot rejalari bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti Umumiy va noorganik kimyo instituti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasi doirasida IL-662204330 «Tuproq va qum dispersiyalarida yuqori struktura hosil qiluvchi xususiyatlarga ega polielektrolitlarni sintez qilish va ularning kolloid-kimyoviy xususiyatlari» loyihasi doirasida amalga oshirildi.

**Tadqiqotning maqsadi** akrilamid (AA) va akril kislotasi (AK) sopolimerining kaliy tuzi asosida burg'ilash eritmalarini modifikatorini yaratish va ularning ingibirlash xususiyatlarini aniqlashdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

kaliy tuzining akrilamid va akril kislotasi sopolimerini sintez qilish usulini ishlab chiqish, polimerning yuqori ingibirlash xususiyatlariga ega bo'lishi uchun reaksiya parametrlarini (monomerlar nisbati, harorat, inisiator sarfi) optimallashtirish;

sintez qilingan sopolimerlarning tuzilishi va fizik-kimyoviy xususiyatlarini o'rganish, ularning molekulyar massasi va tarkibini aniqlash;

sintez qilingan sopolimerlarning loyli burg'ulash eritmalarining qovushqoqlik va stabilizatsiya samaradorligi o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash;

kaliy tuzi bilan ishlangan burg'ulash eritmalarining ingibitorlik xususiyatlarini o'rganish;

sintez qilingan sopolimerlar uchun optimallashtirilgan yangi va mineralizatsiyalangan burg'ulash eritmalarining retseptini yaratish, ularning texnologik xususiyatlarini aniqlash;

akrilamid va akril kislotasining sopolimer kaliyli tuzini olish uchun sanoat texnologiyasini ishlab chiqish, materiallar balansini va ishlab chiqarish xarajatlarini o'z ichiga olgan.

**Tadqiqotning ob'ekti** sifatida kaliyning AA:AK sopolimer tuzi, gil jinslari va ularning suspenziyalaridir, chuchuk va minerallashtirilgan burg'ulash eritmalarini, gil suspenziyalarini barqarorlashtirish uchun kimyoviy reagentlar eritmalarini va ingibitorlar bilan ishlov berilgan chuchuk va minerallashtirilgan burg'ulash eritmalarini (ShBR va MBR) tanlab olingan.

**Tadqiqotning predmetini** AA va AK sopolimerlarini sintez qilish usullari, ularning qovushqoqlik, ingibitorlik va filtratsion xususiyatlarini, sintez qilingan ingibitorlar bilan modifikatsiyalangan chuchuk va minerallashtirilgan burg'ulash eritmalarining reologik va filtratsiya xususiyatlari tashkil etgan.

**Tadqiqotning usullari.** Dissertatsiya ishni bajarish jarayonida zamonaviy va an'anaviy fizik-kimyoviy (IQ-spektroskopiya, rentgenofazali tahlil, termogravimetrik tahlil), reologik (viskozimetriya va reometriya tadqiqotlari), kolloid-kimyoviy (suv chiqarish testlari, chiziqli bo'kishni o'lchash, filtratsiya xususiyatlarini aniqlash, burg'ulash eritmalarini modellashtirish) usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

AA:AK = 60:40 monomerlar miqdoriy nisbatidagi akrilamid va akril kislotasi sopolimerining kaliy tuzi uchun yangi tarkibiy retsept ishlab chiqilgan bo'lib, ushbu tarkib 1% konsentratsiyada qo'llanilganda, 300 daqiqa davomida gil zarralarning bo'kishi 0,22–0,25 mm gacha kamayishi ta'minlangan, bu esa ingibitorsiz eritmalariga nisbatan 72–78% ga kam ekanligi aniqlangan;

sopolimer tarkibiga KOH va  $K_2SiO_3$  moddalari 1:1 nisbatda kiritilganda, polimerning tuzilmasi barqaror bo'lib, yuqori reaksiya qobiliyatni namoyon etishi, bu esa gilsimon to'qimalarning gidratatsiya va maydalanishini samarali to'sishga, ya'ni gidrofob himoya qatlamining hosil bo'lishi va gillarning qatlamlararo zaryadlari bilan o'zaro ta'sirga kirishi orqali ta'minlanishi aniqlangan;

AA:AK = 60:40 tarkibli ingibitor burg'ulash eritmalarida filtratsion yo'qotishlarni 2–3  $sm^3/30$  daqiqagacha kamaytirishi va bu an'anaviy tarkiblarga nisbatan 50% ga samarali ekanligi, bu esa zich va barqaror filtratsion qatlam hosil bo'lishi bilan bog'liqligi aniqlangan;

akrilamid va akril kislotasi sopolimerining kaliy tuzini sanoat miqyosida sintez qilish uchun texnologik sxema ishlab chiqilgan va unda KOH hamda  $K_2SiO_3$  moddalari 1:1 nisbatda birga qo'llanilishi, sopolimerning barqaror makromolekular tuzilmasini shakllantirishi, shuningdek, moddaning termik va kimyoviy ta'sirlarga chidamliligini oshirish imkonini berishi aniqlangan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

akrilamid sopolimer kaliy tuzi va akril kislota sintezining uslubiy asoslari ishlab chiqilgan bo'lib, ular ingibitorlik va struktura hosil qilish xususiyatlarini yaxshilagan burg'ulash eritmasi olingan;

modifikatorlarni olish texnologiyasi ishlab chiqilgan, bu sintez qilingan sopolimerlardan foydalanib, burg'ilash eritmalarining murakkab burg'ilash sharoitlarida barqaror fizik-kimyoviy xossalari aniqlangan;

chuchuk va minerallashtirilgan burg'ilash eritmalarini retseptlari taklif etilgan, bu sintez qilingan ingibitorlarni o'z ichiga oladi, suvga ta'sirchan jinslar sharoitida qo'llash uchun optimal filtratsiya va reologik xossalarga egaligi aniqlangan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Ilmiy tadqiqotlar zamonaviy fizik-kimyoviy va kolloid-kimyoviy usullarni qo'llagan holda o'tkazildi, tajriba sinovlari «Gazli neft va gaz qazib olish boshqarmasi»ning laboratoriya va ishlab chiqarish sharoitida sintez qilingan modifikatorlarni qo'llash va ularni ingibirlash xususiyatini o'rganish bo'yicha tadqiqotlar o'tkazildi va sinov aktlari bilan tasdiqlandi.

#### **Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.**

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati suvda eriydigan polimerlar - akrilamid va akril kislota sopolimerining kaliy tuzlari sintezi metodologiyasini, gillarning bo'kishining samarali ingibitorlarini ishlab chiqish, sopolimerlarni sintez qilish usullari, ularning burg'ulash eritmasi tizimidagi tarkibi va ularning funksional xususiyatlari o'rtasida bog'liqlikni belgilashda, turli tuproq strukturantlarini yaratishda jarayonni maqsadli o'tkazish uchun ahamiyatga egaligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati og'ir burg'ilash sharoitida eritmalarining barqaror fizik-kimyoviy ko'rsatkichlarini ta'minlovchi sintezlangan sopolimerlar yordamida burg'ilash suyuqligi modifikatorlarini ishlab chiqarish texnologiyasi burg'ilash jarayonida foydalanishga, suvga ta'sirchan jinslarda foydalanish uchun optimal filtrlash va reologik xususiyatlarga ega sintezlangan ingibitorlarni o'z ichiga olgan yangi va minerallashtirilgan burg'ilash suyuqliklarining formulalari burg'ulash jarayonlarida foydalanishga xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarining joriy etilishi.** Gil qotishmalarining bo'kishini oldini olishga xizmat qiluvchi ingibitorlovchi reagentlarni olish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

burg'ilash eritmalarini uchun yangi ingibitorlar olish texnologiyasi va shu asosida chuchuk ingibitorlovchi eritmalar retsepturalari «Gazli neft va gaz qazib olish boshqarmasi»ning "2026-2030 yillarda amaliyotga joriy etish bo'yicha istiqbolli ishlanmalar ro'yxati"ga kiritilgan («O'zbekneftgaz» AJning 2025 yil 20 maydagi № 01/2-07-636 sonli ma'lumotnomasi). Natijada, tarkibida 1% AA:AK60/40 bo'lgan burg'ilash eritmasining slanetslarni ingibirlash qobiliyati 5-6 barobar oshirish imkonini beradi;

burg'ilash eritmalarini ingibitorlari minerallashtirilgan burg'ilash eritmalarini tarkibida qo'llanilishi bo'yicha yangi usullar va retsepturalar «Gazli neft va gaz qazib olish boshqarmasi»ning "2026-2030 yillarda amaliyotga joriy etish bo'yicha istiqbolli ishlanmalar ro'yxati"ga kiritilgan («O'zbekneftgaz» AJning 2025 yil 20

maydagi № 01/2-07-636 sonli ma'lumotnomasi). Natijada, yangi ingibirlovchi reagentlarni qo'llash minerallashtirilgan eritmalar uchun tuz elektrolitlar va ingibirlovchi reagentlar sarfini kamaytirgan hamda burg'ulash eritmasi ta'sirida slanetslarni bo'kishini 0,33 mm dan 0,14 mmgacha kamaytirish imkonini beradi.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Mazkur tadqiqot ishining asosiy natijalari 6 ta xalqaro va 9 ta respublika ilmiy-amaliy konferentsiyalarida muhokama qilindi.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya mavzusi va materiallari bo'yicha 20 ta ilmiy ish, 5 ta ilmiy maqola, 2 ta respublika va 3 ta xorijiy jurnallarda, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan dissertatsiyaning asosiy ilmiy natijalarini nashr etish uchun tavsiya etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya kirish, 4 ta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovadan tashkil topgan. Dissertatsiya hajmi 120 betdan iborat.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Dissertatsiyaning kirish qismida o'tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, maqsad va vazifalar belgilab olingan, tadqiqot ob'ektlari va predmeti tavsiflangan, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari, olingan natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy etilish holati, chop etilgan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi haqida ma'lumotlar keltirilgan.

**Dissertatsiyaning «Polimer va past molekulyar loy jinslari va burg'ulash eritmalarining ingibitorlarini tahlil qilish» deb nomlangan birinchi bobida** muammolar, usullar va istiqbollari, gil minerallarining kimyoviy tarkibi va turlari, loy jinslarining bo'kish mexanizmlari, gil jinslarning bo'kishini va ingibitorligini baholash usullari, loy jinslarning ingibitorlarini tasniflash, organik va noorganik jinslarning bo'kishini ta'minlovchi ingibitorlarning kompozitsion foydalanish jarayonlari tahlil qilingan. Adabiyot sharhi ushbu ishda qo'yilgan maqsad va vazifalarni shakllantirishga imkon beradi

**Dissertatsiyaning «Turli neft-gaz quduqlaridan olingan loylarning bo'kishiga noorganik va organik reaktivlarning ta'siri» deb nomlanuvchi ikkinchi bobida** tadqiqot natijalari keltirilgan, unda Ustyurt hududidan olingan gil mineralari tuzilishi va bo'kish jarayonlari o'rganilgan, ularning tuzilishini o'rganish usullari yoritilgan.

Burg'ulash eritmalarida ishlatiladigan kimyoviy reaktivlarning ingibitor ta'siri Ustyurt hududiga xos bo'lgan tog' jinslarining gilli komponentlarida o'rganilgan, bu yerda asosan burg'ulash amalga oshiriladi. O'rganilgan ikki xil asosiy namunalarning kimyoviy tarkibi 1-jadvalda keltirilgan.

**1-jadval.**

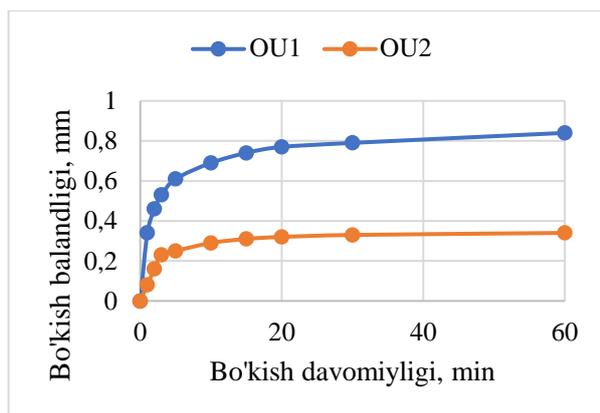
**Namunalarning kimyoviy tarkibi**

Namuna	Tarkib, % quruq modda uchun										
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	q.q.y

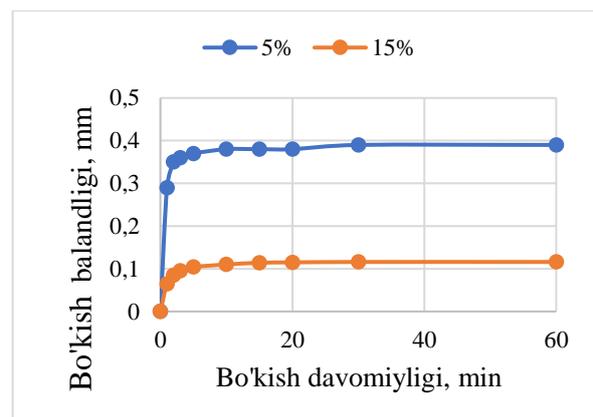
UN1	60,5	18,6	3,1	3,4	2,1	1,4	1,4	0,5	0,8	1,1	7,1
UN2	63,3	16,5	3,5	3	0,8	0,8	0,2	0,5	0,7	1,3	9,4

UN2 namunasida SiO<sub>2</sub> (63,3%) ning UN1 (60,5%) ga nisbatan yuqori tarkibi bilan xarakterlanadi, bu silikat komponentlarining ustunligini va potentsial ravishda suvga kamroq ta'sirchanligini ko'rsatadi. Shu bilan birga, UN1 tarkibida Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (18,6% ga nisbatan 16,5%) ning nisbatan ko'proqligi aluminsilikatlarning yuqori ulushini va bo'kishga moyilligini ko'rsatadi. Temir va kaltsiy oksidlari ikkala namunada ham o'xshash darajada, UN2 da (Fe) va UN1da (Ca) ning miqdoriy jihatdan biroz ustunliklari mineral tarkibidagi farqlarni aks ettiradi. UN1 da MgO, Na<sub>2</sub>O va K<sub>2</sub>O ning sezilarli darajada yuqori tarkibi magniy, natriy va kaliyli g'ovak minerallarining mavjudligini ko'rsatadi.

UN1 va UN2 namunalarining bo'kish tahlili (2-rasm) UN1 ning suvni ushlab turish qobiliyati ancha yuqori ekanligini ko'rsatdi. Tajribaning birinchi daqiqalarida UN1 bo'kish balandligini (0,34 mm, UN2 da esa 0,08 mm) ko'rsatadi va tajriba davomida ustunligini saqlaydi. 60 daqiqadan so'ng, UN1 bo'kish 0,84 mm ga yetadi, UN2 esa faqat 0,34 mm. UN1 ning ko'proq intensiv bo'kish uning mineral va granulometrik tarkibi bilan bog'liq bo'lib, unda yuqori miqdori mayda dispers va suvga ta'sirchan fazalarning mavjud.

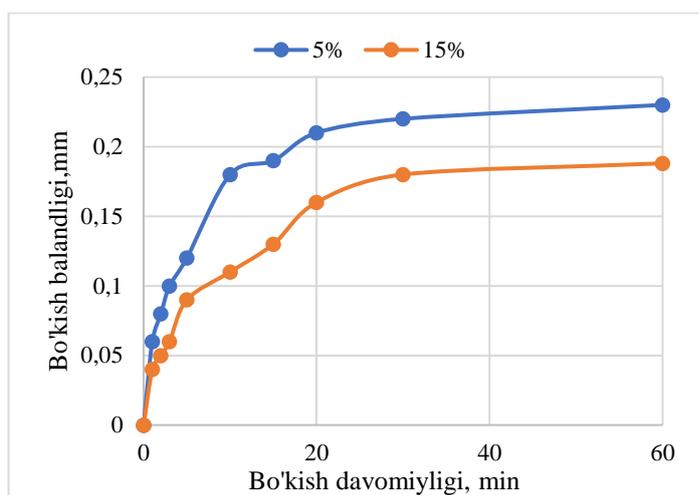


**1-rasm. Asosiy namunalarning bo'kish balandligini o'zgarishi.**



**2-rasm. NaCl eritmalarida UN1 ning bo'kish balandligini o'zgarishi.**

UN1 namunasining NaCl turli konsentratsiyalardagi eritmalaridagi bo'kish tahlili (2-rasm) yuqori konsentratsiyali eritmasi ko'proq ingibitorlik ta'sirini ko'rsatadi. 5% NaCl da bo'kish balandligi 30 daqiqada 0,39 mm ga yetadi, 15% NaCl da esa faqat 0,116 mm. Bu ion kuchining ta'siri bilan bog'liq: 15% NaCl da Na<sup>+</sup> va Cl<sup>-</sup> ionlarining yuqori konsentratsiyasi ikki elektr qatlamining qalinligini qisqartiradi, bu esa gil zarralarining gidratatsiyasini cheklaydi. 5% NaCl eritmasida bu effekt ta'siri kamroq ifodalangan, bu esa erkin suvni singdirishga va bo'kishni oshirishga yordam beradi. Shunday qilib, NaCl konsentratsiyasining oshishi gilning bo'kish qobiliyatini sezilarli darajada kamaytiradi.



3-rasm. NaCl eritmalarida UN2 ning bo'kish balandligining o'zgarishi.

UN1 va UN2 namunalarining NaCl eritmalaridagi bo'kish balandligini taqqoslash UN1 va UN2 namunalarining NaCl (5% va 15%) eritmalaridagi bo'kishini taqqoslash ularning suvga ta'sirchanligida muhim farqlarni ko'rsatdi. 5% NaCl da UN1 bo'kish balandligi (0,39 mm gacha) UN2 ga nisbatan (0,23 mm) ancha yuqori bo'lib, bu yanada rivojlangan dispers tuzilishi va yuqori gidratatsiya qobiliyati bilan bog'liq.

15% NaCl da bo'kish ikkala namunada ham bostiriladi, lekin farqlar saqlanib qoladi: UN1 uchun 0,116 mm, UN2 uchun 0,088 mm. Bu yerda UN2 tuz ta'siriga nisbatan yuqori barqarorlik ko'rsatadi, UN1 esa eritmaning ion kuchi o'zgarishiga kuchliroq javob beradi.

CaCl<sub>2</sub> qo'shilishi NaCl va ayniqsa distillangan suvga nisbatan gil namunalarining bo'kishini sezilarli darajada bostiradi. UN1 CaCl<sub>2</sub> eritmalarida UN2 ga nisbatan ancha ko'proq bo'kishni ko'rsatadi, lekin tuz konsentratsiyasi oshgan sari farqlar o'zgaradi. 0,5% CaCl<sub>2</sub> da UN1 ning bo'kish balandligi 0,279 mm ga yetadi, UN2 esa 0,14 mm; 1% da esa 0,14 va 0,12 mm mos ravishda.

Bo'kishning kamayishi Ca<sup>2+</sup> ionlarining gil zarrachalarining yuzasidagi zaryadni neytrallash, diffuzion qatlamni qisqartirish va gidratatsiyani blokirovka qilishdagi yuqori samaradorligi bilan bog'liq. UN2 uchun CaCl<sub>2</sub> konsentratsiyasining o'zgarishi bo'kishga deyarli ta'sir qilmaydi, bu uning yanada yirikroq tuzilishi va 0,5% da ingibitorlik effektining to'yinganligi bilan izohlanadi.

2-jadval.

Tarkibida K<sup>+</sup> saqlovchi eritmalarida UN1 ning bo'kish kinetikasi

*T, min	KCl			K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> COOK		
	0,5	2	5	0,5	2	5	0,5	2	5
1	0,198	0,178	0,180	0,139	0,090	0,075	0,230	0,212	0,198
2	0,210	0,192	0,190	0,150	0,110	0,092	0,252	0,220	0,203
5	0,272	0,212	0,210	0,162	0,121	0,101	0,298	0,268	0,223
10	0,315	0,268	0,253	0,170	0,129	0,108	0,358	0,312	0,246
20	0,350	0,319	0,285	0,205	0,157	0,131	0,456	0,335	0,262
30	0,382	0,338	0,312	0,213	0,183	0,138	0,535	0,398	0,298
60	0,435	0,347	0,336	0,222	0,197	0,148	0,612	0,425	0,335
120	0,491	0,363	0,340	0,231	0,208	0,156	0,687	0,467	0,387
240	0,514	0,371	0,346	0,235	0,210	0,158	0,731	0,489	0,391
300	0,531	0,371	0,355	0,250	0,213	0,160	0,742	0,532	0,398

Kaliy elektrolitlari sifatida burg'ilash amaliyotida keng qo'llaniladigan "TCh" tozaligiga ega kimyoviy reagentlar, masalan,  $K_2SiO_3$ , KCl,  $CH_3COOK$  o'rganildi, Ushbu tuzlarning 0,5 dan 5% gacha bo'lgan tarkibi ta'sirini o'rganish elektrolitlarning ingibitorlik xususiyatlari haqidagi ma'lumotlar 2-jadvalda keltirilgan.

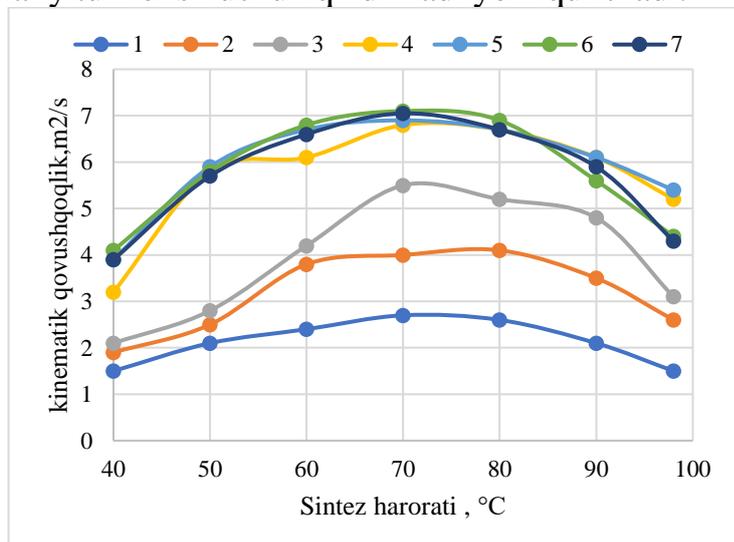
UN1 ning kaliyga ega eritmalaridagi (KCl,  $K_2SiO_3$ ,  $CH_3COOK$ ) bo'kishini 0,5-5% konsentrsiyalarda o'rganish shuni ko'rsatadiki, ingibitor samaradorligi nafaqat konsentrsiyadan, balki anionning tabiati bilan ham bog'liq. Eng katta bostirish 5%  $K_2SiO_3$  eritmasida kuzatiladi, eng kichigi esa 0,5% KCl eritmasida (bo'kish balandligi 0,531 mm).

Barcha hollarda bo'kish dastlabki 30 daqiqada eng faol bo'ladi, so'ngra barqarorlashadi. Konsentrsiyaning oshishi bo'kish darajasini kamaytiradi: KCl uchun 2% va 5% da bu 0,371 va 0,355 mm gacha kamayadi.  $K^+$  ionlari loy tuzilishini barqarorlashtirishga yordam beradi, ammo xlorid-anion qo'shimcha bog'lanishda ishtirok etmaydi, bu esa ingibitorlik effektini cheklaydi.

OU2 barcha kaliysaqlovchi reagentlar eritmalarida kamroq bo'kish darajasini ko'rsatadi, bu esa uning barqaror tuzilishi va kamroq suvga sezgirligi bilan bog'liq.  $K_2SiO_3$  ikkala namuna uchun eng samarali ingibitor bo'lib qolmoqda, lekin uning ta'siri OU1 uchun ko'proq sezilarli, chunki u bo'kishga ko'proq moyil. Reagentlarning samaradorligi farqi kimyoviy-mineral tarkibning bo'kish jarayoniga ingibitor konsentrsiyasidan ko'ra sezilarli ta'sir ko'rsatishini ta'kidlaydi.

Dissertatsiyaning «**Akrilamid va akril kislotasining kaliy tuzlarini yaratish, burg'ulash eritmaları uchun yaxshilangan xususiyatlar va slaneslar uchun ingibitorning xususiyatlar**» uchinchi bobida akrilamid va akril kislotasining kaliyli tuzini sintez jarayoni ko'rib chiqiladi.

Polimer reagentlarini sintez qilish uchun akrilamid va akril kislotasi (99% tozaligida) hamda N-gidroksietilakrilamid (97%) ishlatilgan. Sopolimerizatsiya suvli muhitda pH=11 da KOH va  $K_2SiO_3$  (1:1) aralashmasi bilan saqlanib o'tkazilgan. Monomerlar (1-15 g AA va 0-99% AK) 300 ml suv bilan uch boshli kolbaga kiritilgan, eritma aralashirilgan va azot bilan degazatsiya qilingan. Polimerizatsiya  $K_2S_2O_8$  (0,1-1%) bilan boshlanadi, reaksiya 50-98 °C da 2-6 soat davomida o'tkaziladi. Jarayon tugagach, aralashma sovutiladi, filtrlanadi, zarur bo'lsa pH ni oshiriladi, so'ngra qattiq kaliy tuzi olish uchun qizdiriladi yoki quritiladi.

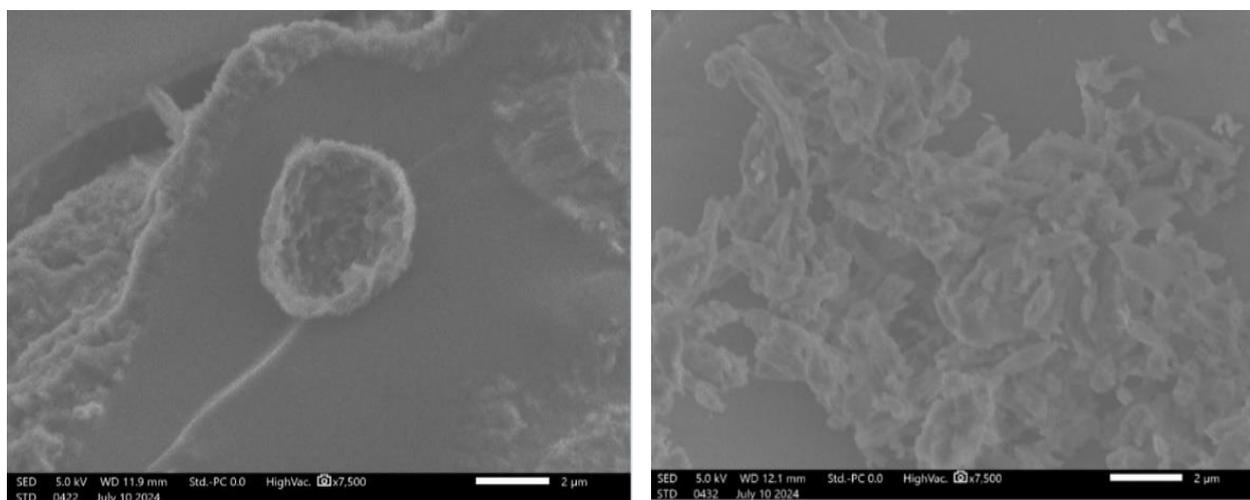


**4-rasm. 0,5% sintez qilingan turli nisbatdagi polimerlar eritmalarining qovushqoqligining reaksiya haroratiga bog'liq ravishda o'zgarishi AA:AK: 1)0/100; 2) 10/90; 3) 30/70; 4) 50/50; 5) 60/40; 6) 70/30; 7) 90/10.**

Turli monomerlar nisbati va 0,5% monomerlar massasidan inisiator sarfi bilan haroratning ta'sirini o'rganish shuni ko'rsatdiki, eng yuqori qovushqoqlik xususiyatlariga AA va AK sopolimerlari ega, ularning mol nisbati 6:1 dan 9:1 gacha. 4-rasm tahlili shuni ko'rsatadiki, 0,5% sintetik polimerlar eritmalarining qovushqoqligi harorat va monomerlar AK:AA nisbati bilan bog'liq. Sintetik harorat 40 dan 70 °C gacha oshganda, qovushqoqlik polimerlanish darajasining oshishi hisobiga ortadi. Maksimal qiymatlar (6,9-7,1 m<sup>2</sup>/s) 70 °C da AA:AK nisbati 60/40, 70/30 va 90/10 bo'lganda erishiladi. Bu gidrofob (AA) va gidrofil (AK) guruhlarining optimal muvozanati bilan bog'liq.

Haroratning yanada oshishi (70 °C dan yuqori) qovushqoqlikning kamayishiga olib keladi, bu esa tashuvchining parchalanishi va zanjirlarning o'sishining sekinlashishi bilan bog'liq. Polimerning zaif strukturalanishi sababli tarkibda AK ortiqcha miqdori (masalan, 0/100 va 10/90) qovushqoqlik minimal (2,7-4 m<sup>2</sup>/s) darajaga tushuradi. Aksincha, AA ning yuqori miqdori (90/10) qovushqoqlikning yuqori bo'lishini ta'minlaydi, lekin karboksil guruhlarining yetishmasligi sababli optimaldan biroz pastroq bo'ladi.

AA:AK turli nisbatlari bo'yicha tashuvchining sarfi bilan qovushqoqlikning bog'liqligini tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, optimal qiymatga 0,5% li tashuvchi bilan erishiladi. Past konsentratsiyalarda (0,1-0,2%) polimerizatsiya yetarlicha samarali emas, bu esa past qovushqoqlik (3,1-3,3 m<sup>2</sup>/s) ga olib keladi. Sarfni 0,5% gacha oshirish maksimal qovushqoqlikni ta'minlaydi. Ayniqsa 70:10 nisbati (7,1 m<sup>2</sup>/s) da, gidrofob va gidrofil guruhlarining optimal muvozanati tufayli.



1)

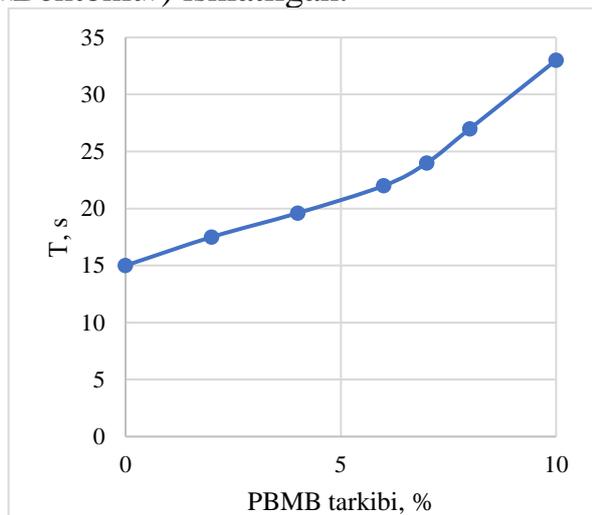
2)

**5-rasm. AA:AK mol nisbatlarida olingan sopolimer namunalarning mikroskopik suratlari  
1) 80:20; 2) 60:40**

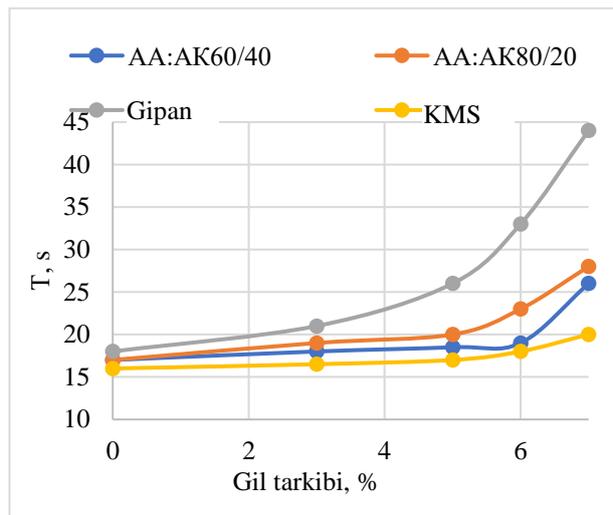
Inisiator konsentratsiyasini yanada oshirishda qovushqoqlik zanjirlarning kuchaytirilgan uzilishi hisobiga kamayadi. Yuqori AA (90:10 va 100:0) tarkiblarida kamayish kuchliroq ifodalanadi, ayniqsa 100:0 (4,2 m<sup>2</sup>/s gacha), karboksil guruhlarining yo'qligi sababli. Shunday qilib, eng yaxshi parametrlar 0,5% katalizator iste'moli va AA:AK 70:10 nisbatida erishiladi, bu yuqori qovushqoqlik va barqaror tuzilmani ta'minlaydi.

AA:AK 80:20 nisbatidagi namunada gidrofob komponent (AA) ustunligi va karboksil guruhlarining yetishmasligi sababli intermolekulyar o'zaro ta'sirlar uchun kamaytirilgan qobiliyatni ko'rsatadigan bo'sh poroz tuzilma kuzatiladi. 60:40 namunada tuzilma yanada tartibli va zich, bu AK ulushining oshishi va vodorod bog'lari va elektrostatik o'zaro ta'sirlarning shakllanishi bilan bog'liq.

Glina suspenziyalarning reologik xususiyatlari burg'ulash eritmalarining barqarorligi va funktsionalligida muhim ahamiyatga ega. AA va AK sopolimerlari qovushqoqlikni samarali boshqaradi, suyuqlikning suyulishi yoki qayta zichlanishini oldini oladi. Asos sifatida PBMB markali bentopowder (OOO «Bentonit») ishlatilgan.



**6-rasm. PBMB konsentratsiyasining o'zgarishini suspenziyaning nisbiy qovushqoqligiga ta'siri**



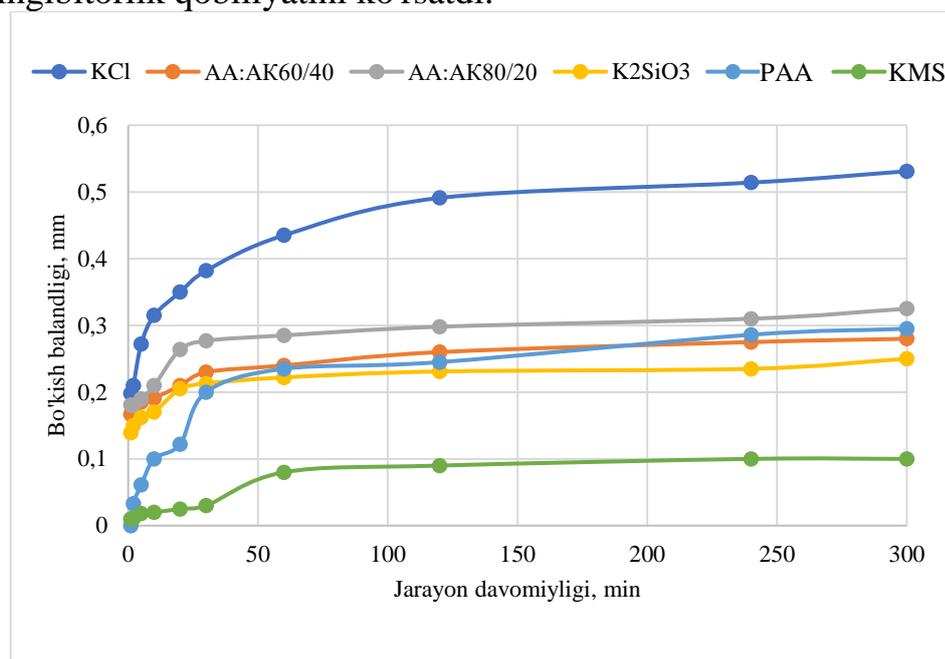
**7-rasm. PBMBning turli miqdorlarida turli reagentlar (0,5%) bilan ishlov berilgan suspenziyalarning shartli qovushqoqligini o'zgarishi**

6-rasmda ko'rinib turibdiki, bentonit PBMB ning konsentratsiyasini 0 dan 10 % gacha oshirish, suspenziyaning shilliqligini 15 dan 33 soniyagacha oshiradi. 6 % gacha bo'lgan tarkibda zaif tuzilma shakllanadi, 6-10 % da esa zarrachalar o'rtasidagi kuchaytirilgan o'zaro ta'sir tufayli dispersiya tarmog'ining intensiv siqilishi kuzatiladi.

7-rasmga ko'ra, AA:AK=60/40 va 80/20 kopolimerlari 7 % PBMB da mos ravishda 26 va 28 soniya qovushqoqlikni ta'minlaydi, gipanga esa 44 soniya. Qovushqoqlikning pastroq qiymatlari sopolimerlarning ingibitorlik qiluvchi xususiyatlari bilan izohlanadi, ular loy zarrachalarini barqarorlashtirib,  $K^+$  va  $Si^{4+}$  ionlarining ta'siri orqali ularning shishishini bostiradi. Ushbu ionlar gidratatsiyani kamaytirishga va suspenziya tuzilmasini mustahkamlashga yordam beradi. Gipandan farqli o'laroq, sopolimerlar asosan ingibitorlik sifatida harakat qiladi, tuzilma shakllantiruvchilar sifatida emas. KMS eng past shilliqlikni (20 soniya) ko'rsatadi, bu esa uning loyli tizimlarni barqarorlashtirish qobiliyatining zaifligi bilan bog'liq.

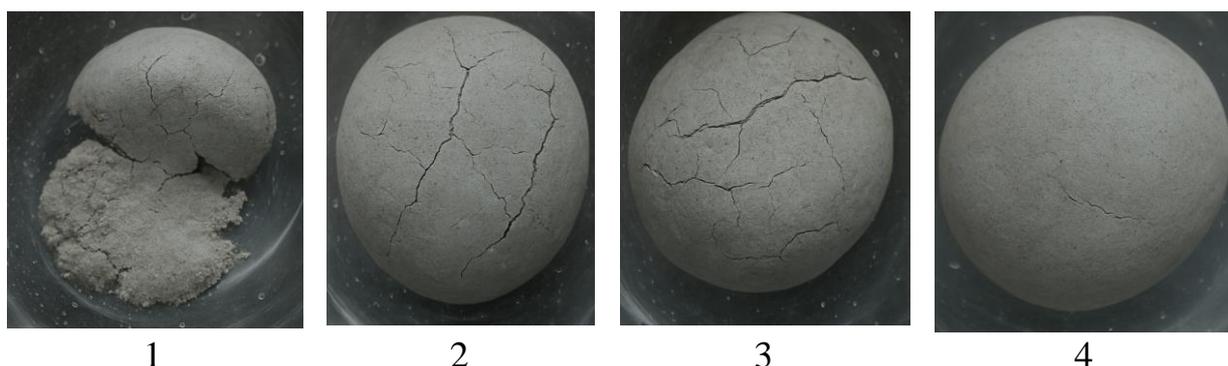
Tahlil shuni ko'rsatdiki, OU1 loyning shishishini inhibe qiluvchi moddalar samaradorligi ularning tarkibi va haroratiga bog'liq. 25 °C da eng kuchli ingibitorlik KMS (300 daqiqa ichida 0,1 mm) orqali zich himoya qoplamasi tufayli ta'minlanadi.

Shuningdek, PAA (0,295 mm),  $K_2SiO_3$  (0,25 mm) va AA:AK=60/40 (0,28 mm) ham samarali. AA:AK=80/20 va KCl esa mos ravishda 0,325 va 0,531 mm bilan kamroq ingibitorlik qobiliyatini ko'rsatdi.



**8-rasm. Turli eritmalarda. UN1 ning bo'kish balandligi o'zgarishining kinetikasi**

60 °C da ko'pchilik reaktivlarning samaradorligi pasayadi. Bo'kish balandligining eng katta o'sishi KCl (0,59 mm gacha) va KMS (0,46 mm gacha) da kuzatiladi, bu esa ion va vodorod o'zaro ta'sirlarining zaiflashishi bilan bog'liq. AA:AK=60/40 (0,318 mm) kremniyga boy fraktsiyalar va muvozanatli tarkib tufayli eng yaxshi termal barqarorlikni saqlaydi. AA:AK=80/20 (0,38 mm) esa karboksil guruhlarining kamroq miqdori va kremniy tufayli kamroq barqaror. Suvli shisha (0,27 mm) va PAA (0,32 mm) barqaror tuzilishi tufayli barqarorlikni namoyish etadi. Shunday qilib, AA:AK=60/40 va  $K_2SiO_3$  eng termal barqaror ingibitorlar bo'lib, KMS qizdirilganda samaradorligini yo'qotadi, KCl esa eng kam barqaror bo'lib qoladi.



**9-rasm. Turli eritmalar bilan ishlov berilgandan keyin loyli to'pchalarning taqqosiy tashqi ko'rinishi: 1) suv; 2) 5% NaCl; 3) PAA; 4) AA:AK60/40.**

Glinali to'p, suv bilan ishlov berilgan, yuqori gidratatsiya va ingibitor yo'qligi sababli maksimal buzilish ko'rsatadi. 5% NaCl eritmasi ikki elektr qatlamini siqish orqali tuzilmani qisman barqarorlashtiradi, lekin yoriqlar saqlanib qoladi. PAA glin yuzasida himoya qatlami hosil qiladi, yoriqlanishni kamaytiradi. Eng yaxshi barqarorlik AA:AK=60/40 eritmasi tomonidan namoyon bo'ladi: bu gidratatsiyani

samarali ravishda kamaytiradi va karboksil va amid guruhlari, shuningdek,  $K^+$  ionlarining mavjudligi hisobiga zich himoya qobiq hosil qiladi. Organik reaktivlar, ayniqsa AA:AK=60/40, aniq ingibitorlik ta'siriga ega va burg'ulash eritmaları uchun istiqbolli hisoblanadi.

To'rtinchi bobda «Glinali burg'ulash eritmalarini yaratish va akrilamid va akril kislotasining kaliy tuzini olish texnologiyalari - burg'ulash eritmalarini modifikatsiyalash» burg'ulash eritmalarini yaratish masalalari ko'rib chiqiladi. Sintez qilingan ingibitorlarning samaradorligini o'rganish uchun nordon va mineralizatsiyalangan BE tayyorlandi. Yaratilgan BE quyidagi texnologik xususiyatlarga ega edi.

**3-jadval**

**Minerallangan BE retsepti uchun reagentlar va kimyoviy materiallar sarfi (kg/m<sup>3</sup>)**

№	1	2	3	4	5
Gil	70-100	70-100	70-100	70-100	100
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	5-7				10
NaOH		5-7	5-7	5-7	
KMS	25			50	50
PAA			20	25	20
AM-5	1		1		1
SSB/FXLS	25	25	25		
KSSB		25	20		
K-4		20			
CaCl <sub>2</sub>					80
NaCl	100	100	150	50	20
GKJ-11				20	20

**4-jadval**

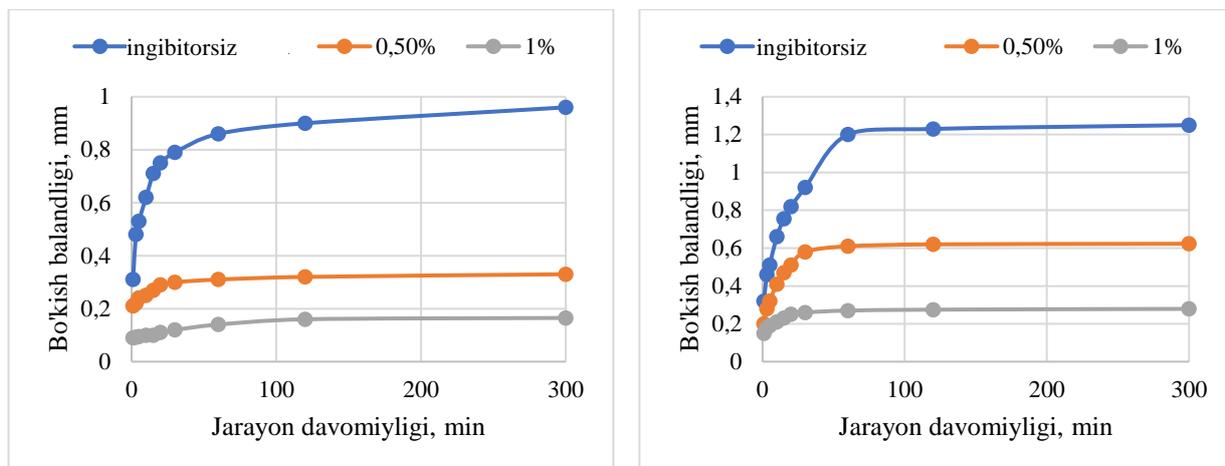
**Olingan minerallangan BEning asosiy ko'rsatkichlari**

№	$\rho$ , g/sm <sup>3</sup>	T, s	V, cm <sup>3</sup> /30 min	KQ, mm	pH	SSK <sub>1</sub> , dPa	SSK <sub>10</sub> , dPa	ChM, %
1	1,11-1,13	50-55	3-4	0,5	9,5-10	26-28	32-34	1-2
2	1,10-1,12	55-62	3-4	0,5	9,0-9,5	24-26	29-33	1-2
3	1,15-1,19	45-55	3-4	0,5	9,0-9,5	21-23	26-30	1-2
4	1,10-1,12	40-47	2-3	0,5	9,0-9,5	20-22	26-31	0-1
5	1,17-1,19	48-55	3-4	0,5-1	9,0-9,5	22-24	27-32	2-3

*KQ-korka qalinligi; SSK- statik siljish kuchlanishi; ChM-cho'kma miqdori*

AA:AK60/40 qo'shimchasining ushbu eritmaların ingibitorlik xususiyatlariga ta'siri o'rganildi, bu esa 10-rasmida keltirilgan. 10-rasmni tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, AA:AK=60/40 sopolimerining qo'shilishi SHBE 1 va 2 retseptlarida loyli slanetslarning bo'kishini sezilarli darajada kamaytiradi. Inhibitorsiz shishish balandligi 300 daqiqada 0,9–1,4 mm ga yetadi. 1-retseptda 0,5% ingibitor qo'shilishi bo'kishni 0,3 mm ga, 1% esa 0,2 mm ga kamaytiradi. 2-

retseptda ham shunday: 0,5% — 0,6 mm ga, 1% — 0,3 mm ga kamayadi. Bu AA:AK=60/40 ning gidratatsiyani bostirish va loyli zarrachalar yuzasida himoya qatlami hosil qilishdagi yuqori samaradorligini tasdiqlaydi.



**10-rasm OY-1 ning bo'kish balandligini NBE tarkibidagi ta'sirida o'zgartirish:  
1) 1; 2) 2.**

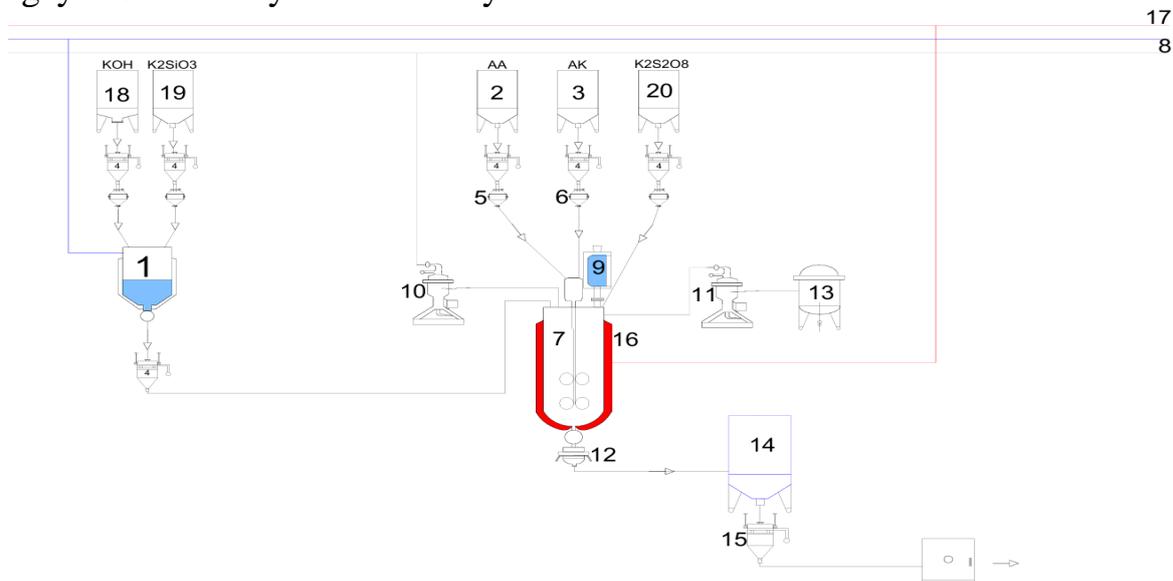
Ishlab chiqilgan kaliy tuzi akrilamid va akril kislotasi sopolimerini olish texnologiyasi burg'ilash eritmalarida ishlatiladigan ingibitorlarni sanoat ishlab chiqarish uchun mo'ljallangan. Jarayon, sintez parametrlarini yuqori darajada nazorat qilish va tayyor mahsulotning xususiyatlarining barqarorligini ta'minlaydigan avtomatlashtirilgan uskunalar yordamida suvli muhitda monomerlarning alkalın sopolimerizatsiyasiga asoslangan.

Birinchi bosqichda idishga deionizatsiyalangan suv yuklanadi, unga dozatorlar orqali KOH va suyuq kaliy shishasi ( $K_2SiO_3$ ) eritmaları 1:1 massaviy nisbatda kiritiladi. Olingan eritma komponentlar to'liq eriguncha aralashtiriladi va pH taxminan 11 ga yetguncha. Bunday alkalın muhit kopolimerizatsiya reaksiyasini faollashtirish va monomerlarni barqarorlashtirish uchun zarur. Parallelda alohida idishlarga akrilamid va akril kislotasi monomerlar yuklanadi, ular oldindan bir xil aralashmalar hosil qilish uchun eritiladi.

Keyin barcha komponentlar ketma-ket reaksiya apparatiga beriladi, aralashtiruvchi va isitish tizimi bilan ta'minlangan. Reaksiya aralashmasining harorati  $50\text{ }^\circ\text{C}$  ga yetkaziladi, bu vaqt ichida inert gazni reaktorga yetkazish tizimi orqali azot yoki argon beriladi, kislorodsiz muhit yaratadi. Bu oksidlanishni oldini olish va reaksiya sharoitlarini barqarorlashtirish uchun zarur. Degazatsiya va isitishdan so'ng, boshlovchi oldindan suvda tayyorlangan kaliyning persulfati eritmasi bosqichma-bosqich kiritila boshlanadi. Boshlovchi birma-bir beriladi, polimerizatsiyaning bir xil boshlanishini ta'minlash uchun.

Sopolimerizatsiya jarayoni  $70\text{--}75\text{ }^\circ\text{C}$  haroratda 4–6 soat davomida o'tkaziladi. Barcha vaqt davomida aralashma doimiy ravishda aralashtiriladi, bir xil bo'lishini va faol komponentlarning teng taqsimlanishini ta'minlash uchun. Polimerizatsiya tugagach, reaksiya massasi sovutish idishiga quyiladi, bu yerda mahsulot xavfsiz haroratga yetkaziladi. Shundan so'ng tayyor sopolimer vakuumli quritishga yuboriladi, namlikni olib tashlash uchun, keyin esa o'lchovlanadi va saqlash va transport uchun idishga joylanadi.

Taklif qilingan texnologik sxema olingan ingibitori barqaror sifatini, uning burilish eritmalarini barqarorlashtirishda yuqori samaradorligini, shuningdek, sintez parametrlarini buzish xavfini minimal darajada saqlab qolish bilan ishlab chiqarishni kengaytirish imkoniyatini ta'minlaydi.



**11-rasm. - Akrilamid va akril kislotasi kaliy tuzi sopolimeri ingibitori ishlab chiqarish texnologik sxemasi:** 1. suv uchun idish; 2. AA uchun idish; 3. AK uchun idish; 4. Dozatorlar; 5. AA uchun aralashtirgich; 6. AK uchun aralashtirgich; 7. aralashtirgichli reaktor; 8. inert gazni yetkazib berish tizimi; 9. orqaga sovutgich; 10. inert gazni yetkazib berish nasoslari; 11. havo chiqarish nasosi; 12. tayyor mahsulotni oqizish krani; 13. to'plangan havo va inert gaz uchun idish; 14. mahsulotni sovutish uchun idish; 15. qadoqlash apparatiga yetkazib berish uchun dozator; 16. isitish qoplamasi; 17. haroratni boshqarish uchun isitgich; 18. KOH uchun idish; 19. K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> uchun idish; 20. inisiator uchun idish.

**5-jadval.**

**Ishlab chiqilgan texnologiya bo'yicha ingibitorlar narxini hisoblash (ming so'm/m<sup>3</sup>)**

Komponentlar	Sarfi	Narxi, so'm/kg	Umumiy summa, so'm
AA, kg	60	95500	5730000
AK, kg	40	56000	2240000
Kaliy persulfat, kg	0,5	70000	35000
KOH	0,5	55000	27500
K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	1,5	23000	34500
suv, l	900	1,5	1350
<b>Jami:</b>			<b>8068350</b>
Ishlab chiqarishda yo'qotish	boshlang'ich moddalar massasining 2% gacha		161367
Umumiy maishiy xarajatlar	reagentlar summasidan 15 %		1210252,5
Boshqa xarajatlar	umumiy xarajatlardan 10 %		943996,95
<b>Jami:</b>			<b>10383966,45</b>

Taqdim etilgan ma'lumotlarni tahlil qilish, ingibitorlarni ishlab chiqarish xarajatlari tuzilmasini, xomashyo xarajatlari, ishlab chiqarishdagi yo'qotishlar, umumiy xarajatlar va boshqa xarajatlarni o'z ichiga olgan holda ko'rsatadi. Eng katta xarajat ulushi akrilamid (AA) va akril kislotasiga (AK) to'g'ri keladi, ular mos ravishda 5730000 so'm va 2240000 so'mni tashkil etadi, bu esa reagentlarning

umumiy qiymatining 78% dan ortig'ini tashkil etadi. Bu ularning inhibitorni sintez qilishdagi muhim roli bilan bog'liq.

Xom ashyo massasi bo'yicha 2% gacha yo'qotishlar 161367 so'mni tashkil etadi. Ushbu qiymat sanoat jarayonlari uchun ruxsat etilgan me'yorlar doirasida joylashgan, ammo ishlab chiqarishni optimallashtirish jarayonida ularni yanada kamaytirish mumkin.

Umumiy xarajatlar xomashyo qiymatining 15% ni tashkil etadi va 1210252,5 so'mga teng. Boshqa xarajatlar, umumiy summaning 10% ni tashkil etib, 943996,95 so'mni tashkil etadi va kutilmagan yoki yordamchi xarajatlarni o'z ichiga oladi.

Shunday qilib, 1 m<sup>3</sup> ingibitor eritmasini ishlab chiqarish narxi, kamida 15% quruq modda mavjud bo'lib, 10 383 966,45 so'mni tashkil etadi. Quruq modda bo'yicha bu taxminan 69-71 ming so'mni kg ingibitor uchun mos keladi.

## XULOSA

1. Ustyurt mintaqasidagi quduqlardan olingan gil tuproqlarining bo'kishi, tuzilishi va jarayonlarini o'rganish ularning montmorillonit va illit mavjudligi bilan bog'liq yuqori suv sezgirligini aniqladi. KCl va K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> kabi kaliyli reagentlar gillarning bo'kishini eng samarali ravishda 40-60% ga kamaytirib, distillangan suvga nisbatan bo'kish balandligini pasaytiradi. K-sodda eritmalar gil zarralari yuzasida himoya qatlami hosil qilish orqali eng yuqori samaradorlikni ko'rsatdi, bu esa suvning kirishiga to'sqinlik qiladi.

2. Akrilamid va akril kislotasi sopolimerining kaliyli tuzini laboratoriya sintezi sharoitlari optimallashtirildi, bunda sopolimerning eng yuqori molekulyar massasi (~1,5 million Da) erishiladi: AA va AK monomerlarining nisbati 60:40 ga teng, reaksiya harorati 75°C darajasida saqlanadi va tashuvchining iste'moli monomerlar massasi 0,5% ni tashkil etadi, bu esa polimerizatsiya darajasini maksimal darajada (90% gacha) ta'minlaydi, barqaror makromolekulyar tuzilma hosil qiladi va ingibitorning funktsional xususiyatlarini yaxshilaydi.

3. Sintez qilingan AA va AK sopolimerlarining kaliysiz tuzlari, ingibitor va tuzilish xususiyatlarining muvozanatli kombinatsiyasi tufayli burg'ulash eritmalarining reologik va filtratsion xususiyatlarini bir vaqtning o'zida yaxshilash qobiliyatini ko'rsatdi. Tadqiqotlar, SAA:AK=60/40 va SAA:AK=80/20 qo'shilishi gil suspenziyalarning viskozitini barqarorlashtirishi, suv berishini kamaytirishi va gil zarralarining bo'kishini minimallashtirishi tasdiqlandi.

4. SAA:AK=80/20 sopolimeri suv berishini kamaytirishda (10% PBMB da 5 sm<sup>3</sup> gacha) eng yuqori samaradorlikni ko'rsatadi, bu esa amid guruhlarining yuqori miqdori tufayli zich filtratsion qoplamaning hosil bo'lishi bilan bog'liq. SAA:AK=60/40 esa, o'z navbatida, karboksil guruhlarining mavjudligi va kaliy va kremniy kationlari bilan o'zaro ta'siri tufayli loylarning gidratatsiyasini va suyuqlashishini to'sqinlik qiluvchi yanada aniq ingibitor xususiyatlarini ko'rsatdi.

5. AA:AK=60/40 ni PBM tarkibiga qo'shish gil zarralarining bo'kish balandligini ingibitori bo'lmagan eritmalariga nisbatan 60-70% ga kamayishiga olib keldi, bu esa sopolimerning karboksil guruhlarining loy minerallari yuzasi bilan

samarali o'zaro ta'siri va  $K^+$  va  $Si^{4+}$  ionlarining mavjudligi tufayli suspenziya tuzilishini barqarorlashtirish bilan bog'liq. MBEda ingibitori ta'siri yanada aniqroq bo'lib, sopolimerning elektrolit tuzlari bilan o'zaro ta'sirining sinergik ta'siri tufayli bo'kishni 1% ingibitori konsentratsiyasida 0,2-0,3 mm gacha minimallashtirishga yordam berdi.

6. Yuqori molekulyar massaga va samarali ingibirlash xususiyatlariga ega akrilamid va akril kislotasi sopolimerining kaliyli tuzini olish texnologiyasi ishlab chiqildi. Sintezning optimal sharoitlari (AA:AK=60:40, pH=11, harorat 75°C, inisiator 0,1%) xomashyo yo'qotishlarini (2% gacha) minimallashtiradi va burg'ilash eritmalarida qo'llash uchun mahsulotning barqaror xususiyatlarini ta'minlaydi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02.30.12.2019.К/Т35.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ИНСТИТУТЕ  
ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИНСТИТУТЕ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**ХЎЖАНАЗАРОВА САРВИГУЛ РУСТАМ КИЗИ**

**СОЗДАНИЕ МОДИФИКАТОРА БУРОВЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ  
КАЛИЕВОЙ СОЛИ СОПОЛИМЕРА АКРИЛАМИДА**

**02.00.11 - Коллоидная и мембранная химия**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована под номером В2025.2.PhD/T5541 в Высшей аттестационной комиссии при министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан.

Диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета по адресу [www.ionx.uz](http://www.ionx.uz) и Информационно-образовательном портале «Ziynet» по адресу [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

**Научный руководитель:**

**Бухоров Шухрат Буриевич**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Эшметов Иззат Дусимбатович**  
доктор технических наук, профессор

**Акрамов Бахшилло Шафиевич**  
Кандидат технических наук

**Ведущая организация:**

**Каракалпакский государственный университет**

Защита состоится «15» августа 2025 г. в «14:00» часов на заседании Научного совета DSc.02.30.12.2019.K/T35.01 при Институте общей и неорганической химии по адресу: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90; e-mail: [ionxanruz@mail.ru](mailto:ionxanruz@mail.ru).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии за № 10, с которой можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре (100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а). Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90.

Автореферат диссертации разослан « 1 » августа 2025 года.  
(Реестр за № 10 от « 1 » августа 2025 года).



**Закиров Б.С.**

Председатель научного совета по присуждению  
ученой степени, д.х.н., проф.

**Салиханова Д.С.**

Ученый секретарь научного совета по присуждению  
ученой степени, д.т.н., проф.

**Эшметов И.Д.**

Председатель научного семинара при научном совете  
по присуждению ученой степени, д.т.н., проф.

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора (PhD) философии)**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Во всем мире в процессе бурения скважин актуальной проблемой остается стабильность стенок скважин, которая ухудшается из-за набухания и дисперсии глинистых пород, приводя к увеличению времени и затрат на строительство скважин. Разрабатываются новые химические реагенты, в том числе ингибиторы и модификаторы буровых растворов, которые позволяют минимизировать негативные процессы и повысить эффективность бурения. В связи с этим, создание инновационных ингибиторов на основе полимерных соединений с оптимизированным составом и технологиями их получения, а также оценка их эффективности в реальных условиях бурения, являются важнейшими задачами для повышения стабильности скважин и сокращения экологического воздействия буровых процессов.

В мире ведутся научные исследования по созданию новых материалов с высокими ингибирующими набухания глин способностями. Следовательно, особое внимание уделяется получению и исследованию новых ингибиторов и ингибирующих буровых растворов на основе природного сырья, синтетических полимеров и промышленных отходов, установлению их эффективности в процессе бурения, природы их взаимодействия с различными породами-минералами, изучению состава и характеристик получаемых ингибиторов набухания глин, разработке и апробации технологии их производства, а также предотвращению возможного негативного воздействия на окружающую среду.

В Республике достигнуты научные и практические результаты по получению новых материалов, в том числе ингибиторов глинистых сланцев на основе местного сырья и промышленных отходов. В третьем направлении стратегии развития Нового Узбекистана, направленной на дальнейшее развитие Республики Узбекистан на 2022-2026 годы определены задачи в направлениях «Обеспечение устойчивости национальной экономики и увеличение промышленности в общей внутренней продукции, увеличение объема производства промышленности продукции в 1,4 раза...»<sup>1</sup>. В этом аспекте имеет большое значение научные исследования по созданию высокоэффективных ингибирующих реагентов, отвечающих современным требованиям химической и буровой промышленности, установлению связи между функциональными особенностями и условиями получения.

Данное диссертационное исследование в определённой степени служит осуществлению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», «№ УП-4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах», Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-3236 от 23 августа 2017 года «О программе ускоренного развития химической

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» от 28 января 2022 года.

промышленности на 2017-2021 годы», № ПП-3983 от 25 октября 2018 года «О мерах по ускоренному развитию химической промышленности Республики Узбекистан», а также в других нормативно-правовых документах, относящихся к данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий в республике VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

**Степень изученности проблемы.** В мире целенаправленные исследования в области создания реагентов и материалов, в т.ч. водорастворимых полимеров для улучшения ингибирующей характеристики активно проводятся научными школами Zhong Hong, Qiu Zhongbin, Huang Wenhua, Jain Ritesh, Mahto Virendra, Mahto T.K., Ahmad H.M., Kamal M.S., Al-Harthi M.A., De Souza C.E.C., Nascimento R.S.V., Anderson Robert, Ratcliffe Ian, Greenwell Howard C., Coveney Peter V., Sepehri S., Soleyman R., Varamesh A., Valizadeh M., Nasiri A. и др.

В Узбекистане под руководством К.С.Ахмедова была создана школа, направленная на исследования создания водорастворимых полимеров - химических реагентов к буровым растворам, представители которой: Э.А.Арипов, Ф.Л.Глекель, С.С.Хамраев, С.Н.Аминов, А.А.Агзамходжаев, У.К.Ахмедов, Г.Р.Нарметова, И.К.Сатаев, С.А.Абдурахимов, И.Д.Эшметов, Б.З.Адизов и др. внесли весомый вклад в ее развитие.

Следует подчеркнуть, что до настоящего времени отсутствуют комплексные исследования, посвящённые разработке технологий создания и использования новых эффективных ингибиторов глинистых пород для буровых растворов, учитывающих их состав, механизмы действия и оптимальные условия применения. Существующие ингибиторы зачастую отличаются высокой стоимостью производства и не всегда демонстрируют необходимую эффективность в условиях реальных скважин, что требует разработки инновационных решений с улучшенными характеристиками.

**Связь исследования с научно-исследовательскими планами научно-исследовательского учреждения, в котором была выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Института общей и неорганической химии по проекту ПЛ-662204330 «Синтез и коллоидно-химические свойства полиэлектролитов с высокими структурообразующими характеристиками на дисперсиях почв и песков».

**Целью исследования** является создание модификатора буровых растворов на основе калиевой соли сополимера акриламида (АА) и акриловой кислоты (АК), а также установление их ингибирующих характеристик.

**Задачи исследования:**

разработка метода синтеза калиевой соли сополимера акриламида и акриловой кислоты, оптимизация параметров реакции (соотношение мономеров, температуру, расход инициатора) для получения полимера с

высокими ингибирующими характеристиками;

изучение структуры и физико-химических свойств синтезированных сополимеров, определение их молекулярной массы и состава;

оценка влияния синтезированных сополимеров на вязкостные и фильтрационные свойства глинистых буровых растворов, установление зависимости между концентрацией полимера и эффективностью стабилизации;

исследование ингибирующих свойств разработанных буровых растворов, обработанных калиевой солью сополимера;

создание рецептуры пресных и минерализованных буровых растворов, оптимизированных для использования синтезированных сополимеров, определение их технологических характеристик;

разработка промышленной технологии получения калиевой соли сополимера акриламида и акриловой кислоты, включая материальный баланс и себестоимость производства.

**Объектами исследования** являются калиевая соль сополимера АА:АК, глинистые породы и их суспензии, пресные и минерализованные буровые растворы, растворы химических реагентов для стабилизации глинистых суспензий и пресные и минерализованные буровые растворы (ПБР и МБР), обработанных ингибиторами.

**Предметом исследования** являются методы синтеза сополимеров АА и АК, установление их вязкостных, ингибирующих и фильтрационных характеристик, реологические и фильтрационные свойства пресных и минерализованных буровых растворов, модифицированных синтезированными ингибиторами.

**Методы исследования.** В ходе выполнения диссертационной работы применялись современные и традиционные методы, включающие физико-химические (ИК-спектроскопия, рентгенофазовый анализ, термогравиметрический анализ), реологические (вискозиметрические и реометрические исследования), коллоидно-химические (тесты на водоотдачу, измерение линейного набухания, определение фильтрационных характеристик, моделирование буровых растворов) методики.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработана новая рецептура калиевой соли сополимера акриламида и акриловой кислоты с оптимальным соотношением мономеров АА:АК=60:40, при концентрации которой 1% высота набухания глинистых частиц снижалась до 0,22-0,25 мм через 300 минут, что на 72-78% меньше по сравнению с растворами без ингибиторов;

установлено, что включение в состав сополимера КОН и  $K_2SiO_3$  в соотношении 1:1, обеспечивает стабильную структуру полимера и высокую реакционную способность, что позволяет эффективно блокировать гидратацию и дисперсию глинистых пород за счёт формирования гидрофобного защитного слоя и взаимодействия с межслоевыми зарядами глины;

установлено, что ингибитор АА:АК60:40 снижает фильтрационные потери буровых растворов до 2-3 см<sup>3</sup>/30 мин, что на 50% меньше, чем при использовании

традиционных составов, что достигается за счёт формирования плотной и устойчивой фильтрационной корки;

разработана технологическая схема промышленного синтеза калиевой соли сополимера акриламида и акриловой кислоты, включающая стадию совместного использования КОН и  $K_2SiO_3$  в соотношении 1:1, что обеспечивает формирование стабильной макромолекулярной структуры сополимера, повышение устойчивости материала к термическим и химическим воздействиям.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработаны методические основы синтеза калиевой соли сополимера акриламида и акриловой кислоты для использования в буровых растворах с улучшенными ингибирующими и структурообразующими характеристиками;

создана технология получения модификаторов буровых растворов, обеспечивающая стабильные физико-химические параметры растворов в сложных условиях бурения;

предложены рецептуры пресных и минерализованных буровых растворов, включающих синтезированные ингибиторы, с оптимальными фильтрационными и реологическими свойствами.

**Достоверность результатов исследования.** Научные исследования проводились с использованием современных физико-химических и коллоидно-химических, опытные испытания проводились в лабораторных и производственных условиях «Управлении по добыче нефти и газа Газли» и подтверждены актами испытаний.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования обосновывается разработкой методологии синтеза водорастворимых полимеров – калиевых солей сополимера акриламида и акриловой кислоты, эффективных ингибиторов набухания глин, установлением зависимости между способами синтеза сополимеров, их содержания в системе бурового раствора и их функциональными характеристиками, которые объясняется значимостью для целенаправленного проведения процесса создания структурантов для различных буровых растворов.

Практическая значимость результатов исследований служит для разработки технологии получения ингибиторов на основе калиевой соли сополимера акриламида и акриловой кислоты, обладающих высокими ингибирующими и стабилизирующими характеристиками для использования в буровых растворах, промышленности при бурении в сложных геологических условиях, а также в образовательном процессе подготовки бакалавров и магистров в области химии, химической технологии и инженерии.

**Внедрение результатов исследования.** На основании научных результатов по получению ингибирующих реагентов для предотвращения набухания глинистых сланцев:

технология получения новых ингибиторов для буровых растворов и рецептуры пресно-ингибирующих растворов на их основе включены «в перечень перспективных разработок для реализации в 2026-2030 годах» на практике в

«Управлении по добыче нефти и газа Газли» (справка АО «Узбекнефтегаз» No 01/2-07-636 от 20 мая 2025 г.). В результате, буровой раствор, содержащий 1% АА:АК60/40, позволяет увеличить ингибирующую способность сланцев в 5-6 раз;

новые методы и рецептуры применения ингибиторов буровых растворов в составе минерализованных буровых растворов включены «в перечень перспективных разработок для реализации в 2026-2030 годах» на практике в «Управлении по добыче нефти и газа Газли» (справка АО «Узбекнефтегаз» No 01/2-07-636 от 20 мая 2025 г.). В результате применение новых ингибирующих реагентов позволило снизить расход солевых электролитов и ингибирующих реагентов для минерализованных растворов, а также уменьшить набухание сланцев под воздействием бурового раствора с 0,33 мм до 0,14 мм.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты данного исследования обсуждались на 6 международных и 9 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликование результатов исследования.** По теме и материалам диссертации опубликовано 20 научных работ, 5 научных статей, 2 в республиканских и 3 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объём диссертации составляет 120 страниц.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обосновываются актуальность работы и востребованность проведенного исследования, характеризуются цель и задачи, излагается соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов исследования, опытно-промышленные испытания, сведения об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Анализ полимерных и низкомолекулярных ингибиторов глин и буровых растворов**», проанализированы процессы ингибирования глинистых пород при бурении: вызовы, методы и перспективы, химический состав и типы глинистых минералов, механизмы набухания глин, методы оценки набухания и ингибирования глинистых пород, классификация ингибиторов глинистых пород, исследование композиционного использования органических и неорганических ингибиторов набухания глинистых минералов. Анализ литературы позволяет сформулировать цель и задачи, поставленные в данной работе.

Во второй главе диссертации «**Влияние неорганических и органических реагентов на набухание глин из различных нефтегазовых скважин**» приводятся результаты исследования структуры и процессов набухания пород

глинистых минералов из скважин Устьюртского региона исходных материалов, освещаются методы исследования их структуры.

Ингибирующее действие химических реагентов, используемых в составе буровых растворов, исследовалось на глинистых компонентах горных пород, характерных для Устьюртского региона, где преимущественно осуществляется бурение. Химический состав двух изученных керновых образцов представлен в табл. 1.

Таблица 1.

Химический состав глин

Образец	Содержание, % на сухое вещество										
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	п.п.п
ОУ1	60,5	18,6	3,1	3,4	2,1	1,4	1,4	0,5	0,8	1,1	7,1
ОУ2	63,3	16,5	3,5	3	0,8	0,8	0,2	0,5	0,7	1,3	9,4

Образец ОУ2 характеризуется более высоким содержанием SiO<sub>2</sub> (63,3%) по сравнению с ОУ1 (60,5%), что свидетельствует о преобладании силикатных компонентов и потенциально меньшей водочувствительности. В то же время ОУ1 содержит больше Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (18,6% против 16,5%), указывая на высокую долю алюмосиликатов и возможную склонность к набуханию. Оксиды железа и кальция представлены в обоих образцах на схожем уровне, с небольшим преобладанием в ОУ2 (Fe) и ОУ1 (Ca), отражая различия в минералогическом составе. Существенно более высокое содержание MgO, Na<sub>2</sub>O и K<sub>2</sub>O в ОУ1 указывает на присутствие магний-, натрий- и калийсодержащих глинистых минералов.

Анализ набухания глинистых образцов (рис. 2) ОУ1 и ОУ2 показал существенно более высокую водоудерживающую способность ОУ1. Уже на первых минутах эксперимента ОУ1 демонстрирует большую высоту набухания (0,34 мм против 0,08 мм у ОУ2), сохраняя преимущество на всём протяжении опыта. Через 60 минут набухание ОУ1 достигает 0,84 мм, тогда как у ОУ2 — лишь 0,34 мм. Более интенсивное набухание ОУ1 связано с его минеральным и гранулометрическим составом, включая высокое содержание мелкодисперсных и водочувствительных фаз.

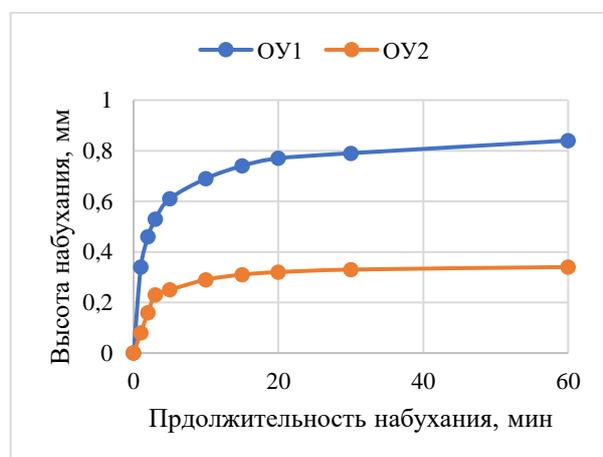


Рис. 1. Изменение высоты набухания глинистых керновых материалов.

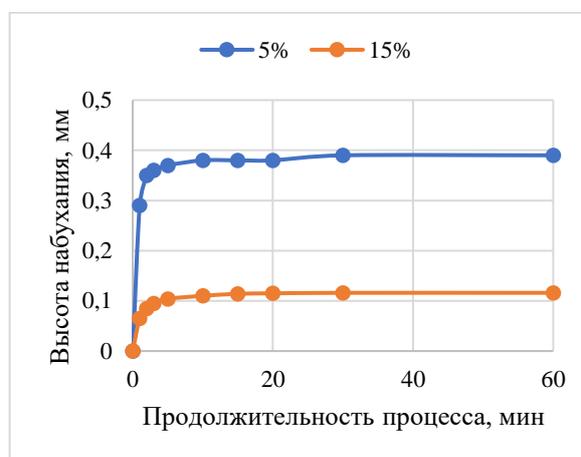
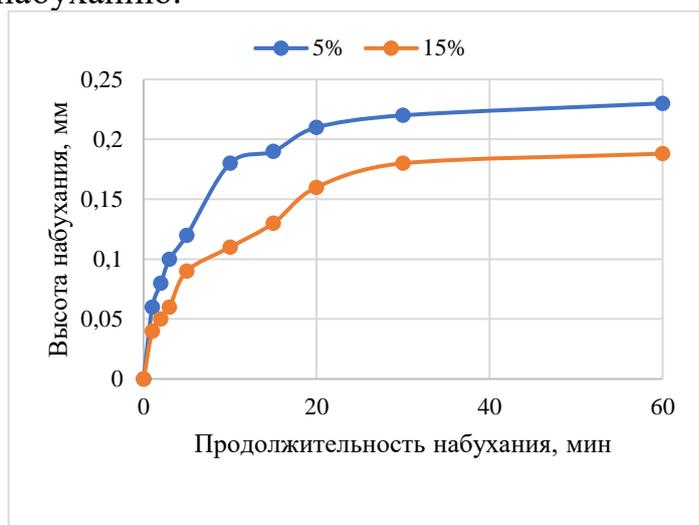


Рис. 2. Изменение высоты набухания ОУ1 в растворах NaCl.

Анализ набухания образца ОУ1 в растворах NaCl различной концентрации (рис. 2) показывает выраженный ингибирующий эффект высокой солёности. При 5 % NaCl высота набухания достигает 0,39 мм за 30 минут, тогда как при 15 % NaCl — лишь 0,116 мм. Это связано с влиянием ионной силы: высокая концентрация Na<sup>+</sup> и Cl<sup>-</sup> ионов при 15 % NaCl сокращает толщину двойного электрического слоя, ограничивая гидратацию глинистых частиц. В растворе 5 % NaCl экранирующий эффект менее выражен, что способствует свободному водопоглощению и увеличению набухания. Таким образом, рост концентрации NaCl существенно снижает способность глины к набуханию.



**Рис. 3. Изменение высоты набухания ОУ2 в растворах NaCl.**

Сравнение данных по высоте набухания образцов ОУ1 и ОУ2 в растворах NaCl выявило существенные различия в их водочувствительности. В 5 % NaCl ОУ1 демонстрирует значительно большую высоту набухания (до 0,39 мм), чем ОУ2 (0,23 мм), что связано с более развитой дисперсной структурой и высокой способностью к гидратации.

При 15 % NaCl набухание подавляется у обоих образцов, но различия сохраняются: для ОУ1 0,116 мм, для ОУ2 0,088 мм. При этом ОУ2 проявляет большую устойчивость к солевому воздействию, в то время как ОУ1 сильнее реагирует на изменение ионной силы раствора.

Добавление CaCl<sub>2</sub> существенно подавляет набухание глинистых образцов по сравнению с NaCl и особенно с дистиллированной водой. ОУ1 демонстрирует более выраженное набухание, чем ОУ2, в обоих растворах CaCl<sub>2</sub>, но различия сглаживаются при повышении концентрации соли. При 0,5 % CaCl<sub>2</sub> высота набухания ОУ1 достигает 0,279 мм, а ОУ2 0,14 мм; при 1 % 0,14 и 0,12 мм соответственно.

Снижение набухания связано с высокой эффективностью ионов Ca<sup>2+</sup> в нейтрализации заряда поверхности глинистых частиц, сокращении диффузионного слоя и блокировании гидратации. Для ОУ2 изменение концентрации CaCl<sub>2</sub> практически не влияет на набухание, что обусловлено его более грубой текстурой и насыщением эффекта ингибирования уже при 0,5 %.

В качестве калиевых электролитов были изучены широко применяемые в буровой практике химические реагенты, как  $K_2SiO_3$ ,  $KCl$ ,  $CH_3COOK$ , которые имели степень чистоты «ТЧ». Исследование влияния содержания данных солей от 0,5 до 5%. Полученные данные об ингибирующих характеристиках данных солей электролитов приводятся в табл. 2.

Анализ набухания ОУ1 в калийсодержащих растворах ( $KCl$ ,  $K_2SiO_3$ ,  $CH_3COOK$ ) при концентрациях 0,5-5 % показывает, что эффективность ингибирования зависит как от концентрации, так и от природы аниона. Наибольшее подавление наблюдается в 5 % растворе  $K_2SiO_3$ , а наименьшее в 0,5 % растворе  $KCl$  (высота набухания 0,531 мм).

Во всех случаях набухание наиболее активно в первые 30 минут, затем стабилизируется. Повышение концентрации снижает степень набухания: для  $KCl$  при 2 % и 5 % оно уменьшается до 0,371 и 0,355 мм соответственно. Ионы  $K^+$  способствуют стабилизации структуры глины, однако хлорид-анион не участвует в дополнительном связывании с поверхностью, что ограничивает ингибирующий эффект.

Таблица 2.

Кинетика набухания ОУ1 в растворах  $K^+$ -содержащих растворов

*Т, мин	KCl			$K_2SiO_3$			$CH_3COOK$		
	0,5	2	5	0,5	2	5	0,5	2	5
1	0,198	0,178	0,180	0,139	0,090	0,075	0,230	0,212	0,198
2	0,210	0,192	0,190	0,150	0,110	0,092	0,252	0,220	0,203
5	0,272	0,212	0,210	0,162	0,121	0,101	0,298	0,268	0,223
10	0,315	0,268	0,253	0,170	0,129	0,108	0,358	0,312	0,246
20	0,350	0,319	0,285	0,205	0,157	0,131	0,456	0,335	0,262
30	0,382	0,338	0,312	0,213	0,183	0,138	0,535	0,398	0,298
60	0,435	0,347	0,336	0,222	0,197	0,148	0,612	0,425	0,335
120	0,491	0,363	0,340	0,231	0,208	0,156	0,687	0,467	0,387
240	0,514	0,371	0,346	0,235	0,210	0,158	0,731	0,489	0,391
300	0,531	0,371	0,355	0,250	0,213	0,160	0,742	0,532	0,398

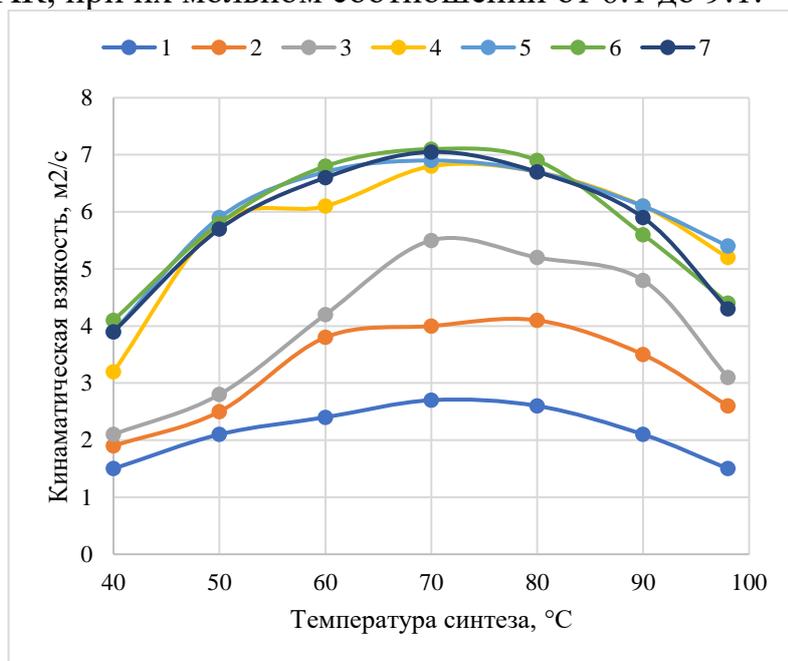
ОУ2 демонстрирует меньшую степень набухания в растворах всех калийсодержащих реагентов, что связано с его более стабильной структурой и меньшей водочувствительностью.  $K_2SiO_3$  остаётся наиболее эффективным ингибитором для обоих образцов, но его эффект более заметен для ОУ1 из-за большей склонности к набуханию. Разница в эффективности реагентов подчёркивает, что химико-минералогический состав оказывает более значительное влияние на процесс набухания, чем концентрация ингибитора.

В третьей главе «Создание калиевых солей сополимера акриламида и акриловой кислоты с улучшенными характеристиками для буровых растворов и ингибирующими свойствами для сланцев» рассматривается процесс синтеза калиевой соли сополимера акриламида и акриловой кислоты.

Для синтеза полимерных реагентов использовали акриламид и акриловую кислоту (по 99 % чистоты), а также N-гидроксиэтилакриламид (97 %). Сополимеризацию проводили в водной среде при pH = 11, поддерживаемом смесью KOH и  $K_2SiO_3$  (1:1). Мономеры (1-15 г АА и 0-99 % АК) вводили в

трёхгорлую колбу с 300 мл воды, раствор перемешивали и дегазировали азотом. Полимеризацию инициировали  $K_2S_2O_8$  (0,1-1 %), реакция проводилась при 50-98 °С в течение 2-6 часов. По завершении смесь охлаждали, фильтровали, доводили рН при необходимости, а затем упаривали или сушили до получения твёрдой калиевой соли сополимера.

Исследование влияния температуры при различных соотношениях мономеров при расходе инициатора 0,5% от массы мономеров показало, что наибольшими вязкостными характеристиками обладают сополимеры АА и АК, при их мольном соотношении от 6:1 до 9:1.

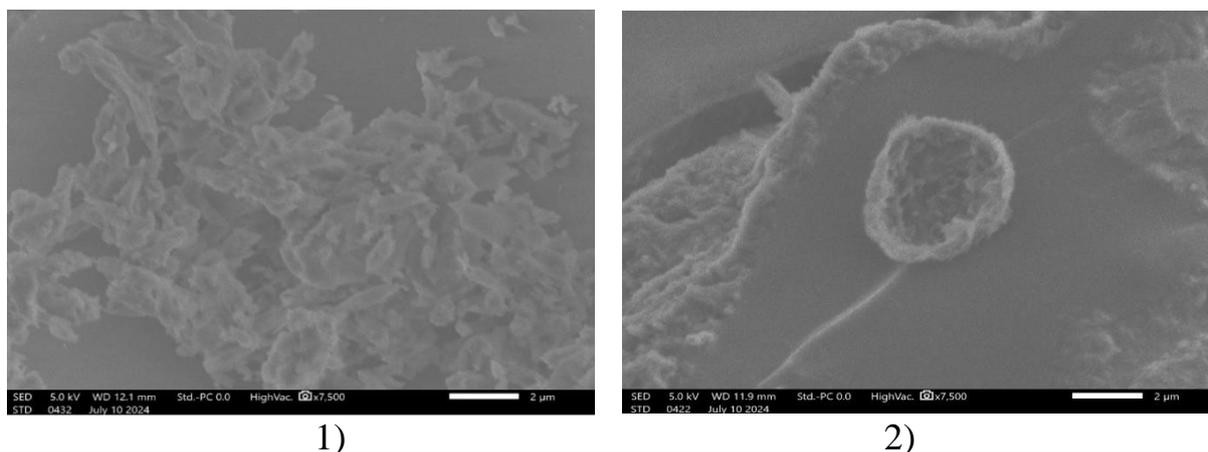


**Рис. 4. Изменение вязкости 0,5% растворов синтезированных полимеров в зависимости от температуры реакции при соотношениях АА:АК: 1)0/100; 2) 10/90; 3) 30/70; 4) 50/50; 5) 60/40; 6) 70/30; 7) 90/10.**

Анализ рис. 4 показывает, что вязкость 0,5 % растворов синтезированных полимеров зависит от температуры и соотношения мономеров АК:АА. При повышении температуры синтеза от 40 до 70 °С вязкость возрастает за счёт увеличения степени полимеризации. Максимальные значения (6,9-7,1 м<sup>2</sup>/с) достигаются при соотношениях АА:АК 60/40, 70/30 и 90/10 при 70 °С. Это обусловлено оптимальным балансом гидрофобных (АА) и гидрофильных (АК) групп.

При дальнейшем росте температуры (выше 70 °С) вязкость снижается из-за разложения инициатора и замедления роста цепей. В составах с избытком АК (например, 0/100 и 10/90) вязкость минимальна (2,7-4 м<sup>2</sup>/с) из-за слабой структурированности полимера. Наоборот, при высоком содержании АА (90/10) вязкость остаётся высокой, но немного ниже оптимальной — из-за недостатка карбоксильных групп.

Анализ зависимости вязкости от расхода инициатора при разных соотношениях АА:АК показывает, что оптимальное значение достигается при 0,5 % инициатора. При низких концентрациях (0,1-0,2 %) полимеризация недостаточно эффективна, что приводит к низкой вязкости (3,1-3,3 м<sup>2</sup>/с). Повышение расхода до 0,5 % обеспечивает максимальную вязкость — особенно при соотношении 70:10 (7,1 м<sup>2</sup>/с), благодаря оптимальному балансу гидрофобных и гидрофильных групп.

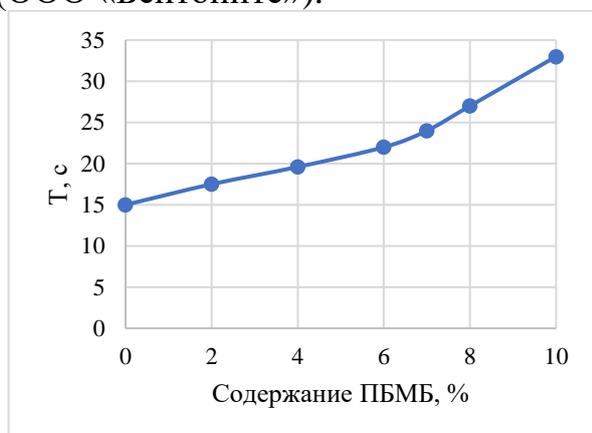


**Рис. 5. Микроскопические снимки образцов сополимеров, полученных при мольном соотношении АА:АК: 1) 80:20; 2) 60:40.**

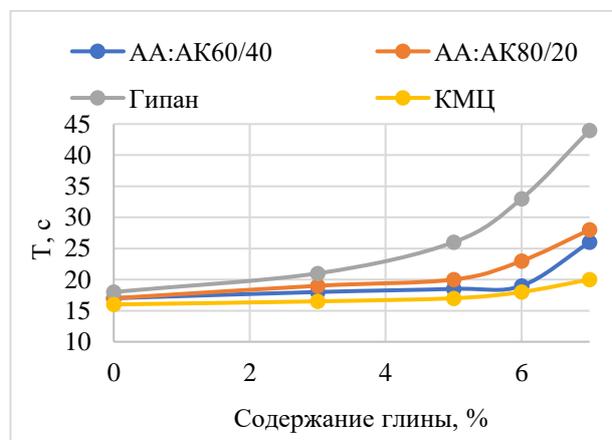
При дальнейшем увеличении концентрации инициатора вязкость снижается за счёт усиленного обрыва цепей. Для составов с высоким содержанием АА (90:10 и 100:0) снижение выражено сильнее, особенно при 100:0 (до  $4,2 \text{ м}^2/\text{с}$ ), из-за отсутствия карбоксильных групп. Таким образом, наилучшие параметры достигаются при расходе инициатора 0,5 % и соотношении АА:АК 70:10, обеспечивающем высокую вязкость и устойчивую структуру.

На изображении образца с соотношением АА:АК 80:20 наблюдается рыхлая пористая структура, обусловленная преобладанием гидрофобного компонента (АА) и сниженной способностью к межмолекулярным взаимодействиям из-за недостатка карбоксильных групп. В образце 60:40 структура более упорядочена и плотна, что связано с увеличением доли АК и формированием водородных связей и электростатических взаимодействий.

Реологические свойства глинистых суспензий критичны для устойчивости и функциональности буровых растворов. Сополимеры АА и АК эффективно регулируют вязкость, предотвращая разжижение или переуплотнение. В качестве основы использован бентопорошок марки ПБМБ (ООО «Бентоните»).



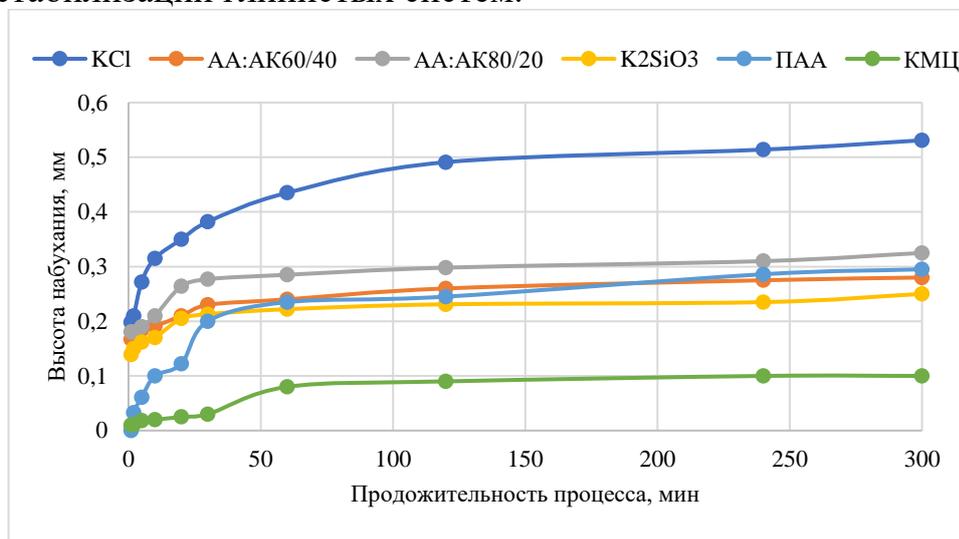
**Рис. 6. Влияние изменение концентрации ПБМБ на условную вязкость суспензии.**



**Рис. 7. Изменение условной вязкости суспензий, обработанных различными реагентами (0,5%) при различных содержаниях ПБМБ.**

Как показывает данные рис. 6 рост условной вязкости суспензии с Повышение концентрации бентонита ПБМБ с 0 до 10% приводит к росту вязкости суспензии с 15 до 33 секунд. При содержании до 6% формируется слабая структура, тогда как при 6-10% наблюдается интенсивное уплотнение дисперсной сети за счёт усиленного взаимодействия между частицами.

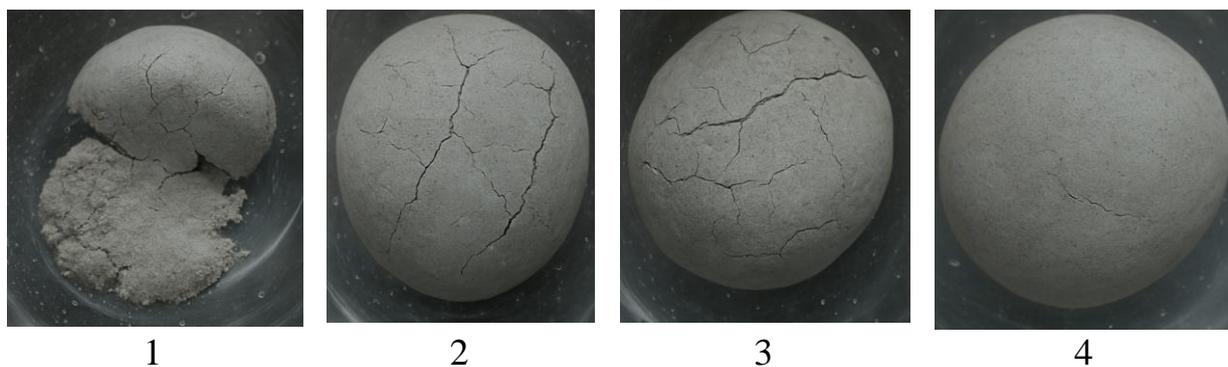
Согласно рис. 7, сополимеры АА:АК=60/40 и 80/20 при 7% ПБМБ обеспечивают условную вязкость 26 и 28 секунд соответственно, тогда как для гипана — 44 секунды. Более низкие значения вязкости объясняются ингибирующими свойствами сополимеров, которые стабилизируют глинистые частицы, подавляя их набухание за счёт действия ионов  $K^+$  и  $Si^{4+}$ . Эти ионы способствуют снижению гидратации и укреплению структуры суспензии. В отличие от гипана, сополимеры действуют преимущественно как ингибиторы, а не как структурообразователи. КМЦ демонстрирует наименьшую вязкость (20 секунд), что связано с его слабой способностью к стабилизации глинистых систем.



**Рис. 8.**  
Кинетика изменения высоты набухания ОУ1 в различных 0,5% растворах.

Анализ показал, что эффективность ингибиторов набухания глины ОУ1 зависит от их состава и температуры. Наиболее выраженное ингибирование при 25 °С обеспечивает КМЦ (0,1 мм через 300 мин), за счёт плотной защитной оболочки. Эффективны также ПАА (0,295 мм), К<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> (0,25 мм) и АА:АК=60/40 (0,28 мм). АА:АК=80/20 и КСl показали меньшую ингибирующую способность 0,325 и 0,531 мм соответственно.

При 60 °С эффективность большинства реагентов снижается. Наибольший рост высоты набухания наблюдается у КСl (до 0,59 мм) и КМЦ (до 0,46 мм), что связано с ослаблением ионных и водородных взаимодействий. АА:АК=60/40 (0,318 мм) сохраняет лучшую термическую стабильность благодаря наличию кремнийсодержащих фрагментов и сбалансированному составу. АА:АК=80/20 (0,38 мм) менее стабилен из-за меньшего содержания карбоксильных групп и кремния. Жидкое стекло (0,27 мм) и ПАА (0,32 мм) демонстрируют устойчивость за счёт стабильной структуры. Таким образом, АА:АК=60/40 и К<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> — наиболее термостойкие ингибиторы, КМЦ теряет эффективность при нагревании, а КСl остаётся наименее стабильным.



**Рис. 9. Сравнительный внешний вид глинистых шариков после обработки различными растворами: 1) вода; 2) 5% NaCl; 3) ПАА; 4) АА:АК60/40**

Глинистый шарик, обработанный водой, показывает максимальное разрушение из-за высокой гидратации и отсутствия ингибирования. Раствор 5% NaCl частично стабилизирует структуру за счёт сжатия двойного электрического слоя, но трещины сохраняются. ПАА формирует защитный слой на поверхности глины, снижая трещиноватость. Наилучшую устойчивость демонстрирует раствор АА:АК=60/40, эффективно уменьшая гидратацию и создавая плотную защитную плёнку за счёт карбоксильных и амидных групп, а также присутствия ионов  $K^+$ . Органические реагенты, особенно АА:АК=60/40, обладают выраженным ингибирующим эффектом и перспективны для буровых растворов.

В четвертой главе «Создание рецептур глинистых буровых растворов и технологии получения калиевой соли сополимера акриламида и акриловой кислоты - модификатора буровых растворов» рассматриваются вопросы создания рецептур буровых растворов. Для изучения эффективности синтезированных ингибиторов были подготовлены пресные и минерализованные БР. Созданные БР имели следующие технологические характеристики.

**Таблица 3.**

**Расход (кг/м<sup>3</sup>) реагентов и химических материалов для рецептуры минерализованных БР**

№	1	2	3	4	5
Глина	70-100	70-100	70-100	70-100	100
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	5-7				10
NaOH		5-7	5-7	5-7	
КМЦ	25			50	50
ПАА			20	25	20
АМ-5	1		1		1
ССБ/ФХЛС	25	25	25		
КССБ		25	20		
К-4		20			
CaCl <sub>2</sub>					80
NaCl	100	100	150	50	20
ГКЖ-11				20	20

Таблица 4.

Основные показатели созданных минерализованных БР

№	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	T, c	V, см <sup>3</sup> /30 мин	TK, мм	pH	СНС <sub>1</sub> , дПа	СНС <sub>10</sub> , дПа	СО, %
1	1,11-1,13	50-55	3-4	0,5	9,5-10	26-28	32-34	1-2
2	1,10-1,12	55-62	3-4	0,5	9,0-9,5	24-26	29-33	1-2
3	1,15-1,19	45-55	3-4	0,5	9,0-9,5	21-23	26-30	1-2
4	1,10-1,12	40-47	2-3	0,5	9,0-9,5	20-22	26-31	0-1
5	1,17-1,19	48-55	3-4	0,5-1	9,0-9,5	22-24	27-32	2-3

Было изучено влияния добавки АА:АК60/40 на ингибирующие характеристики данных растворов, которые приводятся на рис. 10. Анализ рис. 10 показывает, что добавка сополимера АА:АК=60/40 существенно снижает набухание глинистых сланцев в ПБР рецептур 1 и 2. Без ингибитора высота набухания достигает 0,9–1,4 мм за 300 минут. В рецептуре 1 добавление 0,5 % ингибитора снижает набухание до 0,3 мм, а 1 % — до 0,2 мм. В рецептуре 2 аналогично: 0,5 % — до 0,6 мм, 1 % — до 0,3 мм. Это подтверждает высокую эффективность АА:АК=60/40 в подавлении гидратации и формировании защитного слоя на поверхности глинистых частиц.

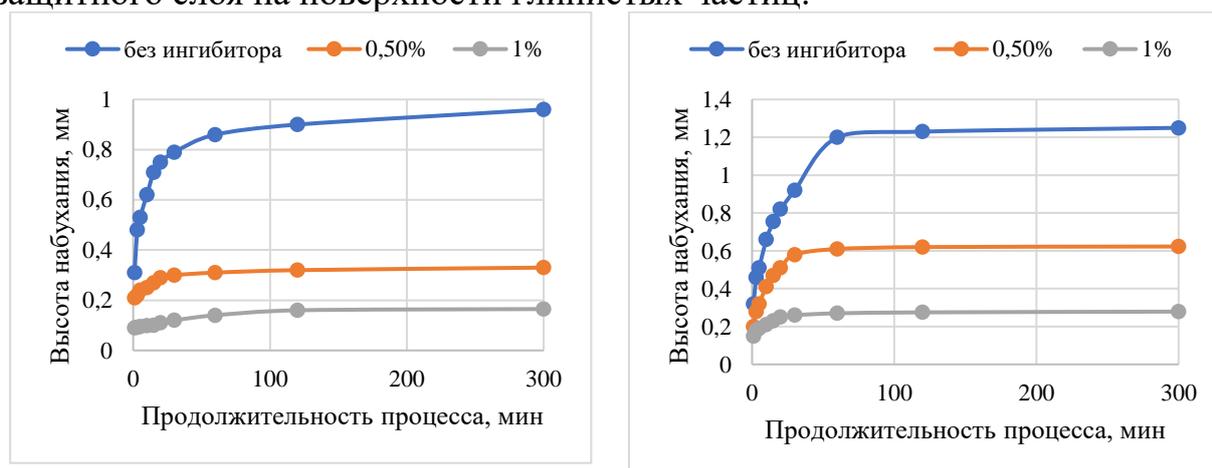


Рис. 10. Изменение высоты набухания ОУ-1 под воздействием составов ПБР: 1) 1; 2) 2.

Разработанная технология получения калиевой соли сополимера акриламида и акриловой кислоты предназначена для промышленного производства ингибиторов, используемых в буровых растворах. Процесс основан на щелочной сополимеризации мономеров в водной среде с использованием автоматизированного оборудования, обеспечивающего высокую степень контроля за параметрами синтеза и стабильность характеристик готового продукта.

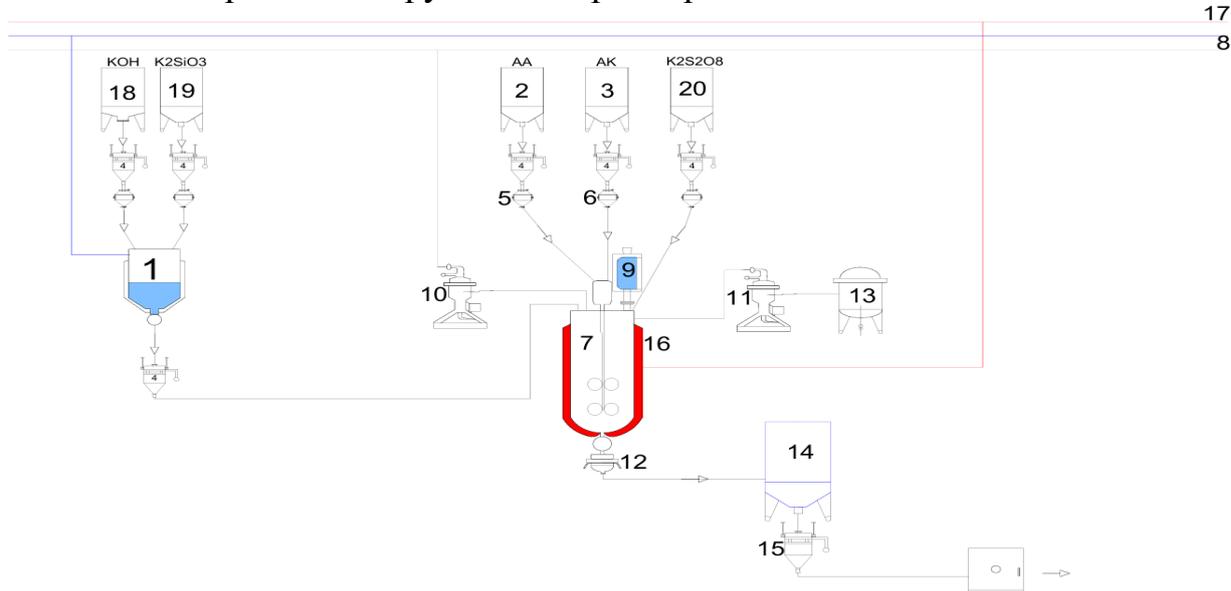
На первом этапе в ёмкость загружается деионизированная вода, в которую через дозаторы вводятся растворы КОН и жидкого калиевого стекла ( $K_2SiO_3$ ) в массовом соотношении 1:1. Полученный раствор перемешивается до полного растворения компонентов и достижения pH около 11. Такая щелочная среда необходима для активации реакции сополимеризации и стабилизации мономеров. Параллельно в отдельные ёмкости загружаются

мономеры — акриламид и акриловая кислота, которые предварительно растворяются до получения однородных смесей.

Затем все компоненты последовательно подаются в реакционный аппарат, снабжённый мешалкой и системой подогрева. Температура реакционной смеси доводится до 50 °С, при этом через систему подачи инертного газа в реактор подаётся азот или аргон, создавая бескислородную атмосферу. Это необходимо для предотвращения окисления и стабилизации условий реакции. После дегазации и прогрева начинается поэтапное введение инициатора — раствора персульфата калия, предварительно приготовленного в воде. Инициатор подаётся порционно, чтобы обеспечить равномерное начало полимеризации.

Процесс сополимеризации проводится при температуре 70–75 °С в течение 4–6 часов. В течение всего времени смесь непрерывно перемешивается для обеспечения однородности и равномерного распределения активных компонентов. По завершении полимеризации реакционную массу сливают в охлаждающую ёмкость, где продукт доводится до безопасной температуры. После этого готовый сополимер направляется на вакуумную сушку для удаления влаги, затем дозируется и фасуется в тару для хранения и транспортировки.

Предложенная технологическая схема обеспечивает стабильное качество получаемого ингибитора, его высокую эффективность при стабилизации буровых растворов, а также возможность масштабирования производства с минимальными рисками нарушения параметров синтеза.



**Рис. 11. Технологическая схема производства ингибитора - калиевой соли сополимера акриламида и акриловой кислоты:** 1. ёмкость для воды; 2. ёмкость для АА; 3. ёмкость для АК; 4. Дозаторы; 5. Смеситель для АА; 6. Смеситель для АК; 7. Реактор с мешалкой; 8. Система подачи инертного газа; 9. Обратный холодильник; 10. Насосы для подачи инертного газа; 11. Насос для удаления воздуха; 12. Кран для слива готового продукта; 13. Ёмкость для собранного воздуха и инертного газа; 14. Ёмкость для охлаждения продукта; 15. Дозатор для подачи в упаковочный аппарат; 16. Нагревательная рубашка; 17. Нагреватель для регулировки температуры; 18. ёмкость для КОН; 19. ёмкость для  $K_2SiO_3$ ; 20. ёмкость для инициатора.

Таблица 5.

Расчет себестоимости ингибиторов по разработанной технологии (в тыс. сум/м<sup>3</sup>)

Компоненты	Расход	Стоимость, сум/кг	Общая сумма, сум
АА, кг	60	95500	5730000
АК, кг	40	56000	2240000
аммоний персульфат, кг	0,5	70000	35000
КОН	0,5	55000	27500
K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	1,5	23000	34500
вода, л	900	1,5	1350
Всего:			8068350
Потери при производстве	до 2% от массы исходных материалов		161367
Общехозяйственные расходы	15% от суммы реагентов		1210252,5
прочие расходы	10% от общего расхода		943996,95
<b>Всего:</b>			<b>10383966,45</b>

Анализ представленных данных демонстрирует структуру затрат на производство ингибиторов, включая расходы на сырьё, потери при производстве, общехозяйственные и прочие расходы. Наибольшая доля затрат приходится на акриламид (АА) и акриловую кислоту (АК), которые составляют 5730000 сум и 2240000 сум соответственно, что составляет более 78% от общей стоимости реагентов. Это обусловлено их ключевой ролью в синтезе ингибитора.

Потери на уровне до 2% от массы исходных материалов составляют 161367 сум. Это значение находится в пределах допустимых норм для промышленных процессов, однако при оптимизации производства возможно их дальнейшее снижение.

Общехозяйственные расходы составляют 15% от стоимости сырья и равны 1210252,5 сум. Прочие расходы, равные 10% от общей суммы, составляют 943996,95 сум и включают в себя непредвиденные или вспомогательные затраты.

Таким образом, себестоимость производства 1 м<sup>3</sup> раствора ингибитора с содержанием не менее 15% сухого вещества составляет 10 383 966,45 сум. В пересчёте на сухое вещество это соответствует примерно 69-71 тысяч сум за кг ингибитора.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исследование структуры и процессов набухания глинистых пород из скважин Устюртского региона выявило их высокую водочувствительность, связанную с присутствием монтмориллонита и иллита. Установлено, что калийсодержащие реагенты, такие как КСl и K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, наиболее эффективно подавляют набухание глин, снижая высоту набухания на 40-60% по сравнению с дистиллированной водой. К-содержащие растворы показали наивысшую эффективность за счет образования защитного слоя на поверхности глинистых частиц, что предотвращает проникновение воды.

2. Оптимизированы условия лабораторного синтеза калиевой соли сополимера акриламида и акриловой кислоты, при которых достигается наивысшая молекулярная масса сополимера (~1,5 млн Да): соотношение мономеров АА и АК выбрано равным 60:40, температура реакции поддерживается на уровне 75°C, а расход инициатора составляет 0,5% от массы мономеров, что обеспечивают максимальную степень полимеризации (до 90%), формирование стабильной макромолекулярной структуры и улучшенные функциональные свойства ингибитора.

3. Синтезированные калиевые соли сополимеров АА и АК показали способность к одновременному улучшению реологических и фильтрационных характеристик буровых растворов благодаря сбалансированному сочетанию ингибирующих и структурообразующих свойств. Исследования подтвердили, что добавление САА:АК=60/40 и САА:АК=80/20 стабилизирует вязкость глинистых суспензий, снижает водоотдачу и минимизирует набухание глинистых частиц.

4. Установлено, что сополимер САА:АК=80/20 демонстрирует наибольшую эффективность в снижении водоотдачи (до 5 см<sup>3</sup> при 10% ПБМБ) за счёт формирования плотной фильтрационной корки, обусловленной высоким содержанием амидных групп, которые способствуют структурному уплотнению. САА:АК=60/40, в свою очередь, проявил более выраженные ингибирующие свойства, препятствуя гидратации и разжижению глин за счёт присутствия карбоксильных групп и взаимодействия с катионами калия и кремния.

5. Выявлено, что добавление АА:АК=60/40 в состав ПБР привело к снижению высоты набухания глинистых частиц на 60-70% по сравнению с растворами без ингибитора, что связано с эффективным взаимодействием карбоксильных групп сополимера с поверхностью глинистых минералов, а также стабилизацией структуры суспензии за счёт присутствия ионов K<sup>+</sup> и Si<sup>4+</sup>. В МБР влияние ингибитора оказалось ещё более выраженным благодаря синергетическому эффекту взаимодействия сополимера с солями электролитов, что способствовало минимизации набухания до 0,2-0,3 мм при концентрации ингибитора 1%.

6. Разработана технология получения калиевой соли сополимера акриламида и акриловой кислоты с высокой молекулярной массой и эффективными ингибирующими свойствами. Оптимальные условия синтеза (соотношение АА:АК=60:40, рН=11, температура 75°C, концентрация инициатора 0,1%) обеспечивают минимальные потери сырья (до 2%) и стабильные характеристики продукта для применения в буровых растворах.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.02.30.12.2019.K/T.35.01 AT INSTITUTE OF GENERAL AND  
INORGANIC CHEMISTRY**

---

**TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE  
INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

**XOJANAZAROVA SARVIGUL RUSTAM KIZI**

**CREATION OF A DRILLING MUD MODIFIER BASED ON THE  
POTASSIUM SALT OF THE ACRYLAMIDE COPOLYMER**

**02.00.11 - Colloid and membrane chemistry**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY(PhD)  
ON TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent - 2025**

The topic of the Doctor of Philosophy (PhD) dissertation in technical sciences has been registered under the number B2025.2.PhD/T5541 with the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan.

Dissertation work completed at the Institute of general and inorganic chemistry.

Abstract of the thesis in three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) posted on the web site of «ZiyoNet» to the address [www.ziyo.net/uz](http://www.ziyo.net/uz).

**Academic Supervisor:**

**Buxorov Shuxrat Buriyevich**

Doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Eshmetov Izzat Dusimbatovich**

Doctor of technical sciences, professor

**Akramov Bakhshillo Shafievich**

Candidate of technical sciences

**Leading organization:**

**Karakalpak state university**

The defense will take place on «15<sup>th</sup>» August 2025 at 14:00 o'clock at the meeting of the scientific Council No.DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01 at General and Inorganic Chemistry Institute (Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek district, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel.: (+99 871) 262-56-60, fax: (+99 871) 262-79-90, e-mail: [ionxanruz@mail.ru](mailto:ionxanruz@mail.ru)).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the General and Inorganic Chemistry, (is registered under № 10). Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel./fax: (+99871) 262-56-60, (+99871) 262-79-90).

Abstract of dissertation sent out on «1<sup>st</sup>» August 2025 y.  
(mailing report №10 from «1<sup>st</sup>» August 2025 y.)



**B.S. Zakirov**

Chairman of the on-time scientific Council  
awarding scientific degrees,  
doctor of chemical sciences, professor

**D.S. Salikhanova**

Scientific secretary of the on-time scientific  
Council awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

**I.D. Eshmetov**

Chairman of the Scientific Seminar at the Scientific  
Council on the award of a scientific degree, doctor of  
technical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**The aim of the research work:** is to create of a drilling fluid modifier based on potassium salt of acrylamide (AA) and acrylic acid (AA), as well as establishing their inhibiting characteristics.

**The object of the research work** is the study of methods of synthesizing copolymers AA and AK, establishing their viscosity, inhibiting and filtration characteristics, rheological and filtration properties of fi and mineralized drilling fluids modified by synthesized inhibitors.

**The scientific novelty of the dissertation research** consists is as follows:

It has been developed a new recipe for potassium salt of acrylamide and acrylic acid copolymer with an optimal monomer ratio of AA:AK=60:40, at a concentration of which 1% the swelling height of clay particles decreased to 0.22-0.25 mm after 300 minutes, which is 72-78% less compared to solutions without inhibitors;

it has been established that the inclusion of KOH and K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> in the copolymer composition in a ratio of 1:1 provides a stable polymer structure and high reactivity, which allows for effective blocking of hydration and dispersion of clay rocks due to the formation of a hydrophobic protective layer and interaction with interlayer charges of the clay;

it has been established that the AA:AK60:40 inhibitor reduces the filtration losses of drilling fluids to 2-3 cm<sup>3</sup>/30 min, which is 50% less than when using traditional compositions, achieved by the formation of a dense and stable filtration cake;

a technological scheme for the industrial synthesis of potassium salt of acrylamide and acrylic acid copolymer has been developed, including a stage of joint use of KOH and K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> in a ratio of 1:1, which ensures the formation of a stable macromolecular structure of the copolymer and increases the material's resistance to thermal and chemical effects.

**Implementation of research results.** Based on scientific results on the production of inhibiting agents to prevent the swelling of clay shales:

the technology for obtaining potassium salt of the acrylamide and acrylic acid copolymer is included «in the list of promising developments for implementation in 2026-2030» in the practice of the «Mubarak Oil and Gas Production Management» (reference «Uzbekneftegaz» «No. 01/2-07-240 dated March 25, 2025). As a result, the developed technology for the production of a new inhibitor ensures its cost at the level of 69-71 thousand sums per kg, while the consumption of inhibiting agents is reduced by more than 2 times;

inhibiting agents – potassium salt of the acrylamide and acrylic acid copolymer and drilling fluids based on them are included «in the list of promising developments for implementation in 2026-2030» in the practice of the «Mubarak Oil and Gas Production Management» (reference «Uzbekneftegaz» «No. 01/2-07-240 dated March 25, 2025). As a result, the use of stabilizers presents the opportunity to improve the viscosity characteristics of drilling fluids at high temperatures and reduce water yield to 2 cm<sup>3</sup>/30 minutes. As a result, the development of mineralized

drilling fluids has led to an increase in their inhibiting capacity by more than 60% compared to the original compositions.

**The structure and scope of the thesis.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a bibliography and an appendix. The volume of the thesis is 120 pages.

**E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; part I)**

1. Хужаназарова С.Р., Халилов М.Н., Бухоров Ш.Б., Косназаров К.Х., Адизов Б.З. Синтез многослойных сшитых полимеров для буровых растворов // Universum. Технические науки: электрон. научн. журн. Москва. 2024 г.7(124). С.70-73. (02.00.00. №1).

2. Khuzhanazarova S.R., Khalilov M., Bukhorov Sh.B., Kosnazarov K.K., Ochilova S.O., Adizov B.Z. Development and Research of the Properties of Multilayer Cross-Lined Polymer Materials for Drilling Fluids // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. INDIA. Vol. 11, Issue 6, June 2024. С. 21957-21959. (05.00.00. №8).

3. Хўжаназарова С.Р, Халилов М.Н., Косназаров К.К, Бухаров. Ш.Б, Адизов Б.З. Изучение влияния доломитовых и кальцитовых утяжелителей на характеристики полимерно глинистых буровых растворов // “Central Asian food engineering and technology” elektron ilmiy jurnali. Volume 2, ISSUE 4, APRIL 2024 ISSN: 2181-385X. OAK rayosatining 2023 yil 28-fevraldagi 333/5-son qarori bilan disserttsiya ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy jurnallar ro'yxatiga kiritilgan.

4. Хужаназарова С.Р., Халилов М.Н., Бухоров Ш.Б., Косназаров К.Х., Адизов Б.З. Влияние синтезированных многослойных сшитых полимеров на реологические характеристики буровых растворов// «Central Asian Food Engineering and Technology» elektron ilmiy jurnali 7-soni. Тошкент. 2024-yil Iyul. 36-41 б.б. OAK rayosatining 2023 yil 28-fevraldagi 333/5-son qarori bilan disserttsiya ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy jurnallar ro'yxatiga kiritilgan.

5. Khuzhanazarova Sarvigul, Bukhorov Shukhrat. Heat-Resistant Polymeric Modifier of Drilling Fluid Based on Potassium Salt of Acrylamide Copolymer//International Journal of AdvancedResearch in Science, Engineering and Technology.

**II бўлим (II часть; part II)**

6. Khojanazarova S. , Khalilov M., Bukhorov Sh., Abdikamalova A., Kalilaev M. Polymer structure-forming agent to control the characteristics of drilling fluids // VIII International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development - AGRITECH VIII – 2023 (Красноярск, 29-31 марта 2023 г.) (scopus)

7. Хужаназарова С.Р., Халилов М.Н., Бухоров Ш.Б., Очилова С.О., Абдикамалова А.Б. Исследование полимерного структурообразователя для регулирования характеристик буровых растворов // 2-Международная научно-техническая конференции Научная неделя “Зелёная химия и устойчивое

развитие” Ташкент. 2023 г., 24-27 мая. С.132-133.

8. Хужаназарова С.Р., Халилов М.Н., Косназаров К.К., Бухаров Ш.Б. Безглинистые растворы на основе отхода содового производства // Зарафшон воҳасини комплекс инновацион ривожлантириш ютуқлари, муаммолари ва истиқболлари V халқаро илмий-амалий анжуман материаллари. Volume I.2024 yil. 8-19 aprel. NAVOI.

9. Хужаназарова С.Р., Халилов М.Н., Косназаров К.К., Бухаров Ш.Б. Создание рецептур пресных буровых растворов на основе бештубенского бентонита // Зарафшон воҳасини комплекс инновацион ривожлантириш ютуқлари, муаммолари ва истиқболлари V халқаро илмий-амалий анжумани материаллари. Volume I.2024 yil. 8-19 aprel. NAVOI.

10. Хо’janazarova S.R., Vuxorov Sh.B., Kalilaeв M.U., Ochilova S.O. Исследование процессов обогащения буровых растворов в зависимости от содержания и природы пав // «UMIDLI KIMYOGARLAR-2024» XXXIII yosh olimlarining respublika ilmiy-texnikaviy anjumanі. Toshkent.2024-yil 24-25-aprel. B.66-67.

11. Хўжаназарова С.Р., Халилов М.Н., Бухоров Ш.Б. Исследование процессов обогащения и механической активации природных глинистых минералов // Fan va ishlab chiqarish integratsiyalashuvi sharoitida kimyotexnologiya, kimyo va oziq-ovqat sohasidagi muammolarning innovatsion yechimlari xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to’plami Namangan 6-7 noyabr 2023 yil. 507-509 b.

12. Хўжаназарова С.Р., Халилов М.Н., Бухоров Ш.Б. Эффективность многослойных сшитых полимеров на реологические характеристики буровых растворов // “Роль коллоидной химии в сфере нефтегазопереработки, химической технологии и экологии” материалы I-международной научно-технической конференции. Ташкент. 10-11-октября 2024 г., 227-230 С.

13. Хўжаназарова С.Р., Халилов М.Н., Очилова С.О., Бухоров Ш.Б. Изучение влияния минеральных утяжелителей на характеристики буровых растворов // “Роль коллоидной химии в сфере нефтегазопереработки, химической технологии и экологии” материалы I-международной научно-технической конференции. Ташкент. 10-11-октября 2024 г., 247-250 С.

14. Хужаназарова С.Р., Косназаров К.К., Ш.Б. Бухоров, Адизов Б. // Ингибиторы глинистых пород // КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ: ИННОВАЦИИ И РЕШЕНИЯ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ, ЭКОЛОГИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ Материалы международной научно-технической конференции, посвященной светлой памяти академика МАНЭБ, д.х.н., проф. А.А. Агзамходжаева. г.Термиз 7-8 февраля . 2025 г. С.914-916.

Автореферат « Ўзбекистон кимёси » журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

**Босмахона лицензияси:**



**9338**

Бичими: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» гарнитураси.  
Рақамли босма усулда босилди.  
Шартли босма табағи: 3. Адади 100 дона. Буюртма № 33/25.

Гувоҳнома № 851684.  
«Тірографф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.  
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.