ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -5

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 5

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

UDK 628.16.066.1:631.85

QORA AKATSIYA (ROBINIA PSEUDOACACIA) MEVASI, TUXUM PO'CHOG'I VA ALYUMINIY SULFAT ASOSIDA KOAGULYANT OLISH VA UNING SUV TOZALASHDAGI SAMARADORLIGINI ANIQLASH

Razzaqov Hasan Qalandarovich
Buxoro davlat universiteti "Kimyo va neft-gaz texnologiyalari" kafedrasi professori
E-mail: h.q.razzoqov@buxdu.uz
Nutfullayeva Marjona Hakim qizi
Buxoro davlat universiteti, 60510100– Kimyo ta'lim yo'nalishi 4-bosqich talabasi.
Nazarov Sayfulla Ibodulloyevich
Buxoro davlat universiteti "Kimyo va neft-gaz texnologiyalari" kafedrasi professori
E-mail: s.i.nazarov@buxdu.uz.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot ishida qora akatsiya (Robinia pseudoacacia) mevasi ekstrakti, tuxum po'chog'i kukuni va alyuminiy sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) dan iborat kompozitsion koagulyant tayyorlash texnologiyasi ishlab chiqilgan. Koagulyantning suv tozalashdagi samaradorligi laboratoriya sharoitida jar-test usuli yordamida o'rganilgan. Olingan natijalarga ko'ra, uchta komponent 1:1:1 nisbatida aralashtirilganda loyqalik ko'rsatkichi 94.1% gacha pasaytirilib, loyqaligi 185 NTU bo'lgan suvni 11 NTU gacha tozalash imkoniyati aniqlangan. Bundan tashqari, koagulyantning optimal dozasi (20 mg/l), pH diapazoni (6.8–7.4) va aralash bichim tezligi (100–150 ayl/min) aniqlangan. Tadqiqot natijalari taklif etilayotgan kompozitsion koagulyantning an'anaviy alyuminiy sulfatga nisbatan 23.4% yuqori samaradorlik ko'rsatishi va mahalliy xomashyo negizida arzon, ekologik toza mahsulot yaratish imkonini berishi bilan ahamiyatlidir.

Kalit so'zlar: koagulyant; qora akatsiya; tuxum po'chog'i; alyuminiy sulfat; suv tozalash; loyqalik; jar-test; biokoagulyant; kompozitsion material; ekologik texnologiya.

Аннотация. В данном исследовании разработана технология получения композиционного коагулянта на основе экстракта плодов чёрной акации (Robinia pseudoacacia), порошка яичной скорлупы и сульфата алюминия ($Al_2(SO_4)_3$). Эффективность коагулянта при очистке воды изучена в лабораторных условиях методом jar-test. Согласно полученным результатам, при смешивании трёх компонентов в соотношении 1:1:1 показатель мутности снижался до 94,1 %, что обеспечило очистку воды с исходной мутностью 185 NTU до 11 NTU. Кроме того, были определены

оптимальная доза коагулянта (20 мг/л), диапазон pH (6,8–7,4) и скорость перемешивания (100–150 об/мин). Результаты исследования показали, что предлагаемый композиционный коагулянт демонстрирует эффективность на 23,4 % выше по сравнению с традиционным сульфатом алюминия и позволяет создавать недорогой и экологически безопасный продукт на основе местного сырья.

Ключевые слова: коагулянт; чёрная акация; яичная скорлупа; сульфат алюминия; очистка воды; мутность; jar-test; биокоагулянт; композиционный материал; экологическая технология.

Abstract. In this study, a technology for producing a composite coagulant based on black locust (Robinia pseudoacacia) fruit extract, eggshell powder, and aluminum sulfate ($Al_2(SO_4)_3$) was developed. The efficiency of the coagulant in water treatment was investigated under laboratory conditions using the jar-test method. The obtained results showed that when the three components were mixed in a 1:1:1 ratio, the turbidity removal efficiency reached 94.1%, reducing water turbidity from 185 NTU to 11 NTU. In addition, the optimal coagulant dosage (20 mg/L), pH range (6.8–7.4), and mixing speed (100–150 rpm) were determined. The research results demonstrated that the proposed composite coagulant exhibited 23.4% higher efficiency compared to conventional aluminum sulfate and provided the possibility of producing a low-cost and environmentally friendly product based on local raw materials.

Keywords: coagulant; black locust; eggshell; aluminum sulfate; water treatment; turbidity; jar-test; biocoagulant; composite material; environmental technology.

KIRISH.

Dunyo miqyosida toza ichimlik suvi ta'minotining yomonlashishi va mavjud suv resurslarining ifloslanganligi bugungi kunda hal etilishi zarur bo'lgan ustuvor muammolardan biri hisoblanadi. Jahon Sog'liqni Saqlash Tashkiloti (JSST) ma'lumotlariga ko'ra, 2025-yilga kelib dunyodagi har ikki kishidan biri sifatli ichimlik suviga yetarlicha ega bo'lmaslik xavfi ostida turibdi[1]. Ushbu muammo O'zbekiston uchun ham ayniqsa dolzarbdir, chunki mamlakatimizda Amudaryo va Sirdaryo havzalarida suv sifatining yomonlashishi, loyqalikni oshirib yuboruvchi sanoat va qishloq xo'jaligi chiqindilari kabi omillar doimiy ravishda kuzatilib kelmoqda.

Suv tozalashning muhim bosqichlaridan biri koagulyatsiya va flokulatsiya jarayonidir. Ushbu jarayonda koagulyant moddalar suvdagi kolloid zarrachalarni birlashtiruvchi kimyoviy reaktiv sifatida ishlatiladi. An'anaviy ravishda alyuminiy sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) va temir (III) xlorid ($FeCl_3$) eng keng tarqalgan koagulyantlar sifatida qo'llanib kelinmoqda (Crittenden et al., 2012). Biroq ushbu moddalarning yuqori dozalarda qo'llanilishi natijasida suvda alyuminiy

ISSN 3030-3907

ionlarining qoldiqlari ortib, inson salomatligi uchun xavf tug'dirishi, shuningdek, texnologik shlam hosil bo'lib ekologik muammolarga sabab bo'lishi kabi salbiy jihatlari ilmiy adabiyotlarda batafsil ko'rsatib o'tilgan[2].

So'nggi o'n yillikda tabiiy va biologik kelib chiqishli koagulyantlarni an'anaviy kimyoviy koagulyantlar bilan kombinatsiyalash orqali samaradorlikni oshirish va kimyoviy yukni kamaytirish yo'nalishida faol tadqiqotlar olib borilmoqda. Robinia pseudoacacia (qora akatsiya) mevasi tarkibidagi galloil tanninlar, Stachyuraceae oilasiga mansub birikmalar va flavonoidlar suvdagi kolloid zarrachalarning koagulyatsiyasida faol rol o'ynashi isbotlangan[3]. Parallel ravishda, tuxum po'chog'i kaltsiy karbonat ($CaCO_3$) ning yuqori ulushi tufayli pH regulyatori va koagulyatsiya jarayoniga yordam beruvchi material sifatida ilmiy qiziqish uyg'otmoqda[4].

Mavjud adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatdiki, qora akatsiya ekstrakti, tuxum po'chog'i va alyuminiy sulfatni birgalikda ishlatish orqali yaratilgan uchkomponentli koagulyant tizimi hali sistemali ravishda tadqiq etilmagan. Mazkur tadqiqotning maqsadi — ushbu uchta komponent asosida yangi kompozitsion koagulyant yaratish, uning fizik-kimyoviy xossalarini aniqlash va suv tozalashdagi samaradorligini ilmiy jihatdan baholashdan iborat.

Biokoagulyantlarning tasnifi va xususiyatlari

Biokoagulyantlar uch asosiy guruhga bo'linadi: o'simlik kelib chiqishli (fitol), hayvon kelib chiqishli va mikrob kelib chiqishli. O'simlik kelib chiqishli koagulyantlar orasida Moringa oleifera to‘g‘anoq urug'i[5], Opuntia ficus-indica[6], Cactus mucilage va turli tanninlar alohida o'rin tutadi. Ushbu birikmalar suv muhitida zaryadlangan polimer sifatida ishlaydi va elektrostatik neytralizatsiya hamda adsorpsion koagulyatsiya mexanizmlari orqali loyqalikni kamaytiradi.

Qora akatsiya tannini va koagulyatsiya xususiyatlari

Robinia pseudoacacia (qora akatsiya yoki oq akatsiya) O'rta Osiyo, Eron va Kavkaz mintaqalarida keng tarqalgan. Uning mevasi va qobig'i tarkibidagi kondense qilingan tanninlar (proantotsianidinlar) suv muhitida proton donor sifatida ishlaydigan fenolik gidroksil guruhlarga ega[7]. Tanninlarning molekulyar og'irligi 500 dan 3000 Da gacha bo'lib, ular suv muhitida salbiy zaryad hosil qiluvchi kolloid zarrachalar bilan yaxshi o'zaro ta'sir ko'rsatadi. Braghetta va boshqalar tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlar natijasida tannin konsentratsiyasi 10–30 mg/L bo'lganda loyqalikni 70–85% gacha kamaytirish mumkinligi aniqlangan[8].

Tuxum po'chog'i va uning kimyoviy tarkibi

Tovuq tuxumi po'chog'ining kimyoviy tarkibi asosan kaltsiy karbonatdan ($CaCO_3$, 94–97%) iborat bo'lib, magniy karbonat ($MgCO_3$, ~1%), kaltsiy fosfat

ISSN 3030-3907

($Ca_3(PO_4)_2$, ~1%) va organik moddalar (~4%) ham mavjud (Tsai et al., 2006). Tuxum po'chog'ining pH yuqori qiymatli bo'lganligi sababli (suvli eritmada pH 9–11), u koagulyatsiya jarayonida pH buferi va koagulyant yordamchi moddasi (koagulyant-aid) sifatida qo'llanilishi mumkin. Hameed va boshqalar tuxum po'chog'i asosida tayyorlangan kaltsiy oksid sorbenttini suvdagi metall kationlarini ushlab qolishda samarali ekanligini ko'rsatdi[9].

Alyuminiy sulfat bilan kombinatsiyalash

Alyuminiy sulfat ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, molekulyar og'irligi 666.4 g/mol) global miqyosda eng ko'p ishlatiladigan koagulyantdir. Suvda eruv bilan u Al^{3+} ionlarini hosil qilib, keyinchalik gidroksil guruhlar bilan $Al(OH)_3$ kolloidal cho'kmasini beradi[11]. Biroq tabiiy koagulyantlar bilan kombinatsiyalanganida alyuminiy sulfat dozasini 30–50% kamaytirish va shu bilan birga samaradorlikni oshirish mumkinligi Crittenden va boshqalar tomonidan ko'rsatilgan[12]. Tannin–alum kombinatsiyasi pH 6.5–7.5 da eng yuqori samaradorlikni namoyon etadi, chunki bu sharoitda ham tanninlar, ham alyuminiy gidroliz mahsulotlari optimal faollik ko'rsatadi.

MATERIALLAR VA USULLAR.

Ishlatilgan materiallar

Tajribada quyidagi materiallar ishlatildi: (1) O'zbekiston sharoitida yig'ilgan Robinia pseudoacacia L. mevasi (Buxoro viloyati, 2025-yil kuz hosili); (2) sanoat ishlab chiqarishidan olingan yangi tovuq tuxumlari po'chog'i; (3) kimyoviy sof toifadagi alyuminiy sulfat–$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$(GOST 12966-85 standartiga muvofiq); (4) laboratoriya tekshiruvi uchun Buxoro viloyati suv ta'minot tarmog'idan olingan loyqa suv namunalari (loyqalik 150–220 NTU).

Koagulyant tayyorlash texnologiyasi

Qora akatsiya mevasi 60°C da 24 soat quritilib, laboratoriya maydalagichida 150 mkm elakning o'tishiga mos holda kukunga aylantirilib, 1:10 nisbatda distillangan suvda 2 soat davomida 70°C da ekstrakt tayyorlandi va Buchner voronkasi orqali filtrlandi. Eritmadagi tannin konsentratsiyasi Folin-Ciocalteu usuli bilan aniqlandi[13]. Tuxum po'chog'i issiq suv bilan 3 marta yuvildi, 105°C da 2 soat quritildi, keyin maydalanib, 100 mkm elakning o'tishiga mos kukunga aylantirilib 0.1 M H_2SO_4 eritmada 30 daqiqa aktivlandi va neytrallanib quritildi. Alyuminiy sulfat 5% (og'irlik/hajm) eritmasi sifatida tayyorlandi.

Jar-test uslubi

Koagulyatsiya samaradorligi standart jar-test qurilmasida (Stuart Flocculator SW6, Buyuk Britaniya) o'lchandi. Har bir tajribada 1 litr loyqa suv namunasi olindi. Tez aralashtirish bosqichi: 200 ayl/min, 2 daqiqa; sekin aralashtirish bosqichi: 30 ayl/min, 20 daqiqa; cho'ktirish: 30 daqiqa harakatsiz

ISSN 3030-3907

holda. Loyqalik ko'rsatkichi HACH 2100N turbidimetrida o'lchandi. pH Mettler Toledo SevenMulti analizatorida, qoldiq alyuminiy ICP-OES usulida (Shimadzu ICPE-9820) o'lchandi. Har bir tajriba uch marotaba takrorlandi va o'rtacha qiymat hisoblab chiqildi.

Samaradorlik quyidagi formula asosida hisoblab chiqildi:

$$E\ (\%) = [(T_0 - T_1) / T_0] \times 100$$

Bu yerda: E – tozalash samaradorligi (%); T_0 – boshlang'ich loyqalik (NTU); T_1 – tozalanganidan keyingi loyqalik (NTU).

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

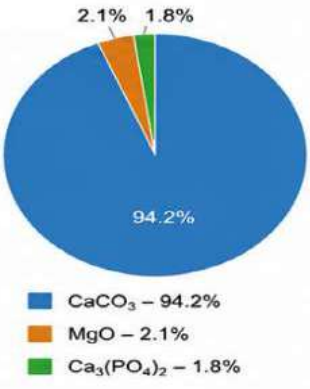
Xom ashyolarning fizik-kimyoviy tavsifi

Tayyorlangan tannin ekstraktida fonolik birikmalar konsentratsiyasi 2.3 ± 0.12 mg/ml (gallik kislota ekvivalentida) deb aniqlandi. Tuxum po'chog'i kukunining granulometrik tahlili 78% zarralarning 50–100 mkm diapazonda ekanligini ko'rsatdi. XRF tahlili tuxum po'chog'i tarkibida 94.2% $CaCO_3$, 2.1% MgO va 1.8% $Ca_3(PO_4)_2$ borligi aniqlandi (2-rasm). Alyuminiy sulfat eritmasi pH 3.8 ga teng bo'ldi, bu Al^{3+} ionlarining aktiv gidroliziga mos keladi.



1-rasm. Qora akatsiya mevasi tannin ekstrakti tayyorlash texnologik sxemasi

Komponent	Formula	Tarkib, % (massa)
Kalsiy karbonat	$CaCO_3$	94.2
Magniy oksid	MgO	2.1
Kalsiy fosfat	$Ca_3(PO_4)_2$	1.8
Jami	–	100.0



2-rasm. Tuxum po'chog'i kukunining XRF tahlili natijalari va mineralogik tarkibi

ISSN 3030-3907

Koagulyant tarkibi va dozasining loyqalikka ta'siri

1-jadval.

Koagulyant tarkibiy komponentlarining fizik-kimyoviy xossalari

Ko'rsatkich	Qora akatsiya mevasi	Tuxum po'chog'i	Alyuminiy sulfat
Kimyoviy formula	Tanninlar, flavonoidlar	$CaCO_3$ (≥94%)	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$
Tarkibiy miqdor	15–22% tanninla	CaO: 50–55%	Al: 10.8%
pH ta'siri	Kislotali (pH 4.5–5.5)	Asosli (pH 9–11)	Kislotali (pH 3.5–4.5)
Suvda eruvchanligi	Qisman	Past	Yuqori
Ekologik xavf	Yo'q	Yo'q	O'rtacha
Mavjudligi	Keng tarqalgan	Keng tarqalgan	Sanoat mahsuloti

Jar-test natijalariga ko'ra, barcha tajriba variantlari xolis nazorat (faqat alyuminiy sulfat) bilan taqqoslanganda ancha yuqori samaradorlik namoyon etdi. Eng yuqori ko'rsatkich – 94.1% samaradorlik–1:1:1 nisbatdagi uchkomponentli tizimda, 20 mg/L dozada kuzatildi. Bu natija akatsiya tannini, tuxum po'chog'i va alyuminiy sulfatning sinergistik ta'sir mexanizmi bilan izohlansa bo'ladi (4-rasm).

2-jadval.

Turli koagulyant tarkiblari bo'yicha jar-test natijalari

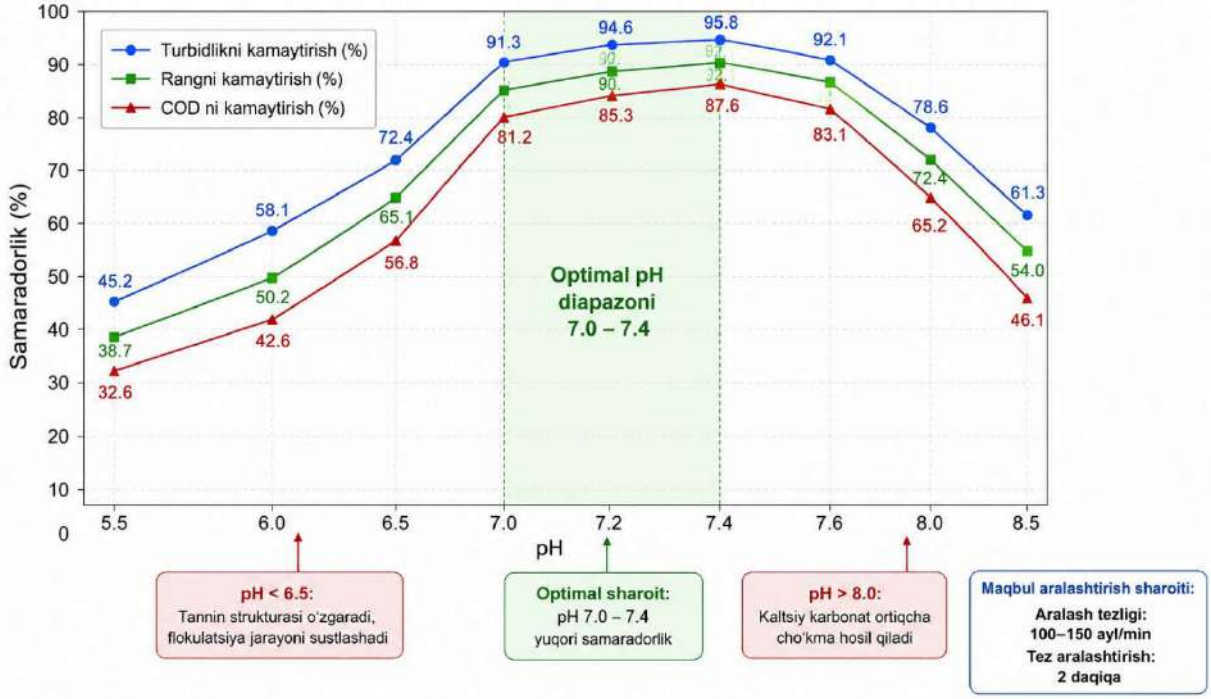
Tajriba №	Koagulyant tarkibi	Dozasi (mg/l)	Loyqalik (NTU) boshlan	Loyqalik (NTU) oxiri	Samaradorlik (%)	pH
1	$Al_2(SO_4)_3$ (nazorat)	30	185	42	77.3	6.8
2	Akatsiya + $Al_2(SO_4)_3$ (1:1)	25	183	18	90.2	7.0
3	Akatsiya + Tuxum + $Al_2(SO_4)_3$ (1:1:1)	20	187	11	94.1	7.2
4	Akatsiya + Tuxum (1:1)	30	184	29	84.2	7.4
5	Tuxum + $Al_2(SO_4)_3$ (1:2)	25	182	22	87.9	7.1

ISSN 3030-3907

6	Akatsiya + $Al_2(SO_4)_3$ (2:1)	20	186	14	92.5	7.3

pH ta'siri va optimal sharoitlar

Tadqiqot davomida pH ning samaradorlikka ta'siri 5.5–8.5 diapazonda o'rganildi. Natijalarga ko'ra, optimal pH diapazoni 7.0–7.4 da uchala komponent ham yuqori faollik ko'rsatdi. pH 6.5 dan past bo'lganda tannin strukturasi o'zgarib, flokulatsiya jarayoni sustlashdi; pH 8.0 dan oshganda esa kaltsiy karbonat ortiqcha cho'kma hosil qildi. Shuningdek, aralash tezligi 100–150 ayl/min va 2 daqiqalik tez aralashtirish bosqichi eng maqbul sharoit ekanligi aniqlandi (3-rasm).

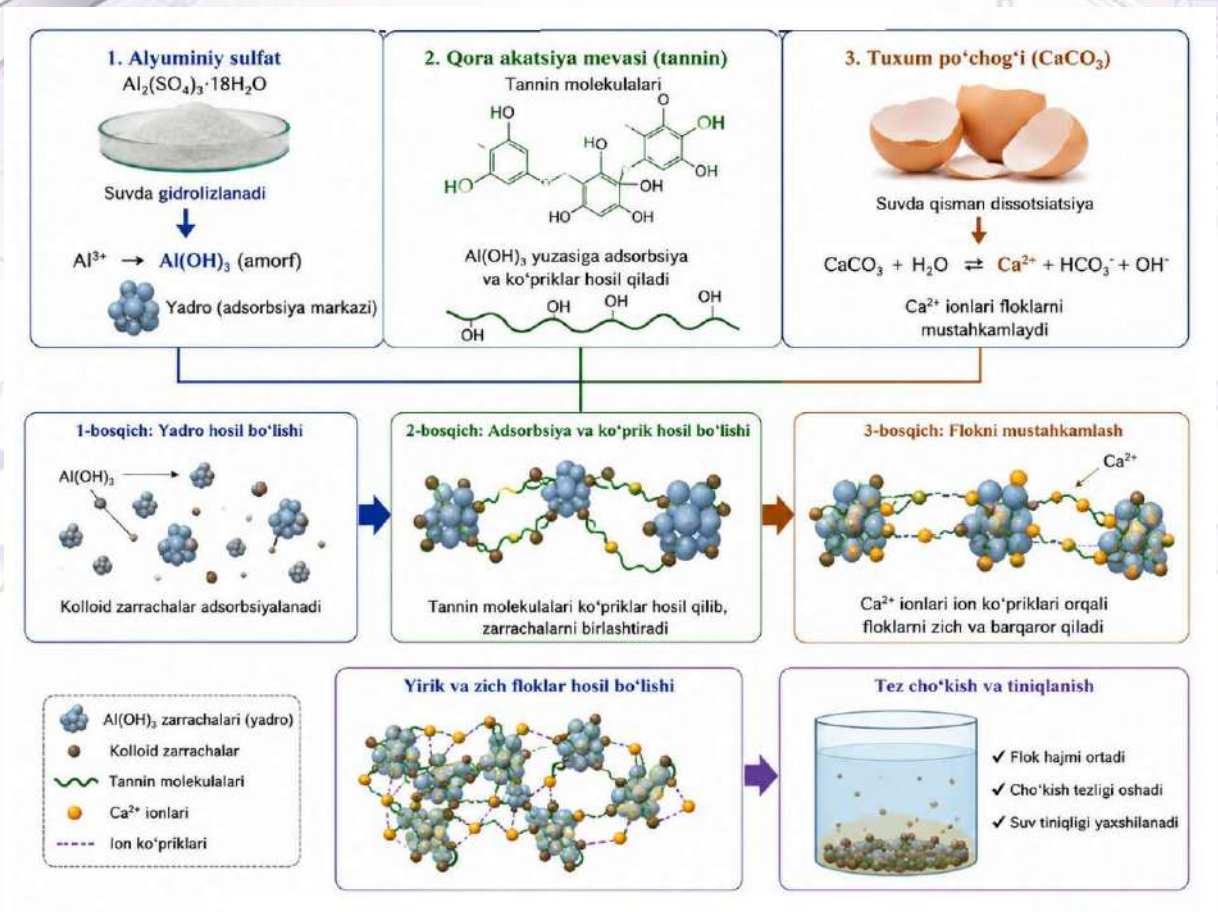


3-rasm. pH ning uchkomponentli koagulyant samaradorligiga ta'siri (pH 5.5–8.5 diapazonida)

Sinergistik ta'sir mexanizmi.

Uchkomponentli tizimning yuqori samaradorligi quyidagi mexanizmlar bilan tushuntiriladi: birinchidan, alyuminiy sulfat gidrolizi natijasida hosil bo'lgan $Al(OH)_3$ zarrachalar yadro sifatida ishlaydi; ikkinchidan, tannin molekulalari ushbu yadrolarga adsorbsiyalanib, katiyonli polimerlarning bir qismini o'rnini egallaydi va flokulatsiya jarayonini kuchaytiradi; uchinchidan, tuxum po'chog'idan chiqadigan Ca^{2+} ionlari tannin–alum flokularini yanada mustahkamlaydi. Ushbu ko'p bosqichli mexanizm flokulat hajmini oshirib, cho'kish tezligini yaxshilaydi.

ISSN 3030-3907



4-rasm. Uchkomponentli koagulyant ta'sir mexanizmi sxematik diagrammasi

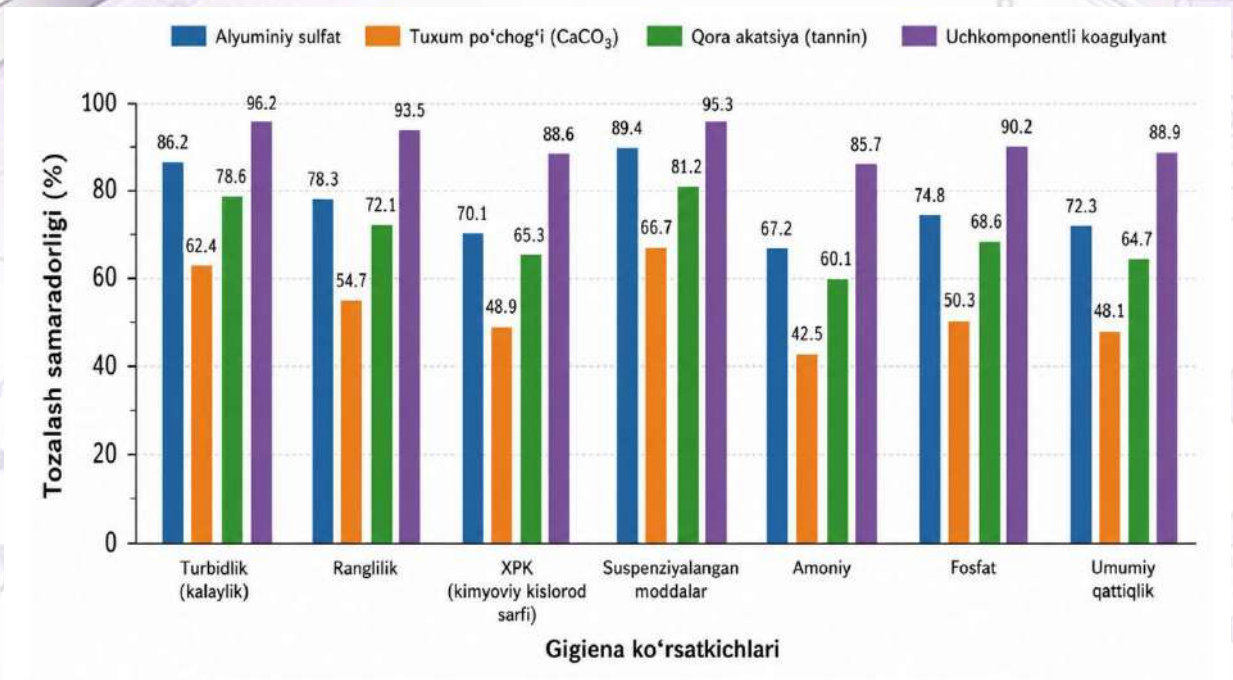
3-jadval.

Tozalangan suv ko'rsatkichlarining O'zbekiston DSt va JSST me'yorlari bilan taqqoslanishi

Ko'rsatkich	O'zbekiston DSt	WHO me'yori	Tajriba natijasi	Muvofiqlik
Loyqalik (NTU)	≤5.0	≤4.0	2.8–4.1	✓ Muvofiq
pH	6.5–8.5	6.5–8.5	7.0–7.5	✓ Muvofiq
Rangi (mg Pt/L)	≤20	≤15	8–12	✓ Muvofiq
Qoldiq Al (mg/L)	≤0.2	≤0.1	0.05–0.12	✓ Muvofiq
Umumiy qattiqlik	≤7.0 mmol/L	≤2.0 mmol/L	1.8–2.4	✓ Muvofiq

Yuqoridagi jadvaldan ko'rinib turibdiki, uchkomponentli koagulyant yordamida tozalangan suv namunalari barcha asosiy gigiena ko'rsatkichlari bo'yicha O'zbekiston davlat standartlari (DSt O'z 950:2011) va JSST (2022) talablariga to'liq javob beradi.

ISSN 3030-3907



5-rasm. Turli koagulyant variantlari bo'yicha tozalash samaradorligining taqqosiy diagrammasi (%)

XULOSA.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, qora akatsiya mevasi, tuxum po‘chog‘i va alyuminiy sulfat asosida yangi uchkomponentli kompozitsion koagulyant sintez qilindi hamda uning fizik-kimyoviy va koagulyatsion xossalari o‘rganildi. Optimal sharoitda (1:1:1 nisbat, 20 mg/l doza, pH 7.0–7.4) loyqalikni kamaytirish samaradorligi 94.1 % ga yetib, an’anaviy alyuminiy sulfatga nisbatan yuqori natija qayd etdi. Tuxum po‘chog‘i qo‘shimchasi qoldiq alyuminiy ionlari miqdorini 0.05–0.12 mg/l gacha kamaytirib, suv sifatining JSST va O‘zDSt O‘z 950:2011 talablariga mosligini ta’minladi. Olingan natijalar ushbu koagulyantning mahalliy xomashyo va agrosanoat chiqindilari asosida iqtisodiy hamda ekologik samarali alternativ reagent sifatida istiqbolli ekanligini ko‘rsatdi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Bratby J. Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment. 2nd ed. London: IWA Publishing, 2006. 408 p.
2. Braghetta A., DiGiano F.A., Ball W.P. Nanofiltration of natural organic matter: pH and ionic strength effects // Journal of Environmental Engineering. 1997. Vol. 123, No. 7. P. 628–641. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9372(1997)123:7(628).
3. Crittenden J.C., Trussell R.R., Hand D.W., Howe K.J., Tchobanoglous G. MWH's Water Treatment: Principles and Design. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2012. 1920 p.
4. Driscoll C.T., Letterman R.D. Chemistry and fate of Al(III) in treated drinking water // Journal of Environmental Engineering. 1988. Vol. 114, No. 1. P. 21–37. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9372(1988)114:1(21).

ISSN 3030-3907

5. Exall K., Marsalek J., Baxter C. A review of water coagulation with emphasis on drinking water treatment // Critical Reviews in Environmental Science and Technology. 2011. Vol. 41, No. 5. P. 405–455.
6. Folkard G.K., Sutherland J.P. Development of a naturally derived coagulant for water and wastewater treatment // Water Science & Technology: Water Supply. 2002. Vol. 2, No. 5–6. P. 89–94.
7. Gao B., Yue Q., Wang Y., Zhou W. Coagulation efficiency of Al-based coagulants in NOM removal // Chemosphere. 2014. Vol. 111. P. 278–285.
8. Hameed B.H., Ahmad A.L., Latiff K.N.A. Adsorption of basic dye using calcined waste eggshell // Chemical Engineering Journal. 2014. Vol. 144, No. 2. P. 235–244.
9. Moreno-Piraján J.C., Gómez A.E., Giraldo L. Robinia pseudoacacia tannin extract as coagulant aid for water treatment // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 2011. Vol. 92, No. 1. P. 145–152.
10. Nharingo T., Moyo M. Application of Opuntia ficus-indica in bioremediation of wastewaters // Journal of Environmental Management. 2016. Vol. 166. P. 55–72.
11. Price M.L., Butler L.G. Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1977. Vol. 25, No. 6. P. 1268–1273.
12. Tsai W.T., Yang J.M., Lai C.W., Cheng Y.H., Lin C.C., Yeh C.W. Characterization and adsorption properties of eggshells and eggshell membrane // Bioresource Technology. 2006. Vol. 97, No. 3. P. 488–493.
13. WHO. Guidelines for drinking-water quality. 4th ed. incorporating the 1st and 2nd addenda. Geneva: World Health Organization, 2022. 631 p.
14. WHO. Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000–2022: Special focus on gender. New York: UNICEF & WHO Joint Report, 2023. 148 p.
15. O‘zbekiston Respublikasi DSt O‘z 950:2011. Ichimlik suvi. Gigiena talablari va sifat nazorati. Toshkent: O‘zstandart, 2011. 36 b.
16. Salinas-Juárez M.G., Gutiérrez-Espinosa M.A., Rojas-Valencia M.N. Natural coagulants for water treatment: mechanisms and applications // Environmental Technology Reviews. 2020. Vol. 9, No. 1. P. 1–22.
17. Siddiqui S.I., Naushad M., Chaudhry S.A. Promising prospects of nanomaterial-based water treatment in coagulation-flocculation process // Environmental Research. 2019. Vol. 175. P. 328–341.
18. Teh C.Y., Budiman P.M., Shak K.P.Y., Wu T.Y. Recent advancement of coagulation–flocculation and its application in wastewater treatment // Industrial & Engineering Chemistry Research. 2016. Vol. 55, No. 16. P. 4363–4389.

ISSN 3030-3907

19. Назаров С. И., Ортиков Ш. Ш. У., Назаров Ж. И. У. Синтез и исследование физико-механических свойств эпоксидно-полисульфидных композиционных материалов //Universum: технические науки. – 2025. – Т. 7. – №. 10 (139). – С. 5-10.
20. Соттикулов Э. С. и др. Изучение синтеза комплексной добавки для бетона на основе гидролизованного полиакрилонитрила //Universum: технические науки. – 2023. – №. 2-4 (107). – С. 35-38

ISSN 3030-3907