

UO‘K: 628.3:541.18

doi 10.70769/3030-3214.SRT.4.2.2026.4

## KOAGULYATSIYA JARAYONI ASOSIDA SANOAT OQAVA SUVLARINI TOZALASHNING NAZARIY ASOSLARI VA AMALIY YONDASHUVLARI



**Ikromov Abdulaziz  
A'zamovich**

Toshkent davlat texnika universiteti  
doktoranti, Toshkent, O'zbekiston  
Science ID: FTN-0625-0027



**Urinov Ulug'bek  
Komiljonovich**

Toshkent davlat texnika universiteti,  
texnika fanlari doktori, Toshkent,  
O'zbekiston



**Fayziyev Jahongir  
Bahromovich**

Toshkent kimyo texnologiya ilmiy  
tadqiqot instituti, texnika fanlari  
doktori, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya.** Mazkur maqolada sanoat oqava suvlarini tozalashda keng qo'llaniladigan koagulyatsiya–flokulyatsiya jarayonining ilmiy asoslari hamda ilg'or texnologik yondashuvlari tahlil qilinadi. Koagulyatsiya jarayoni kolloid va mayda dispers zarrachalarni destabilizatsiya qilish orqali ularni yirik floklarga birlashtirish va keyinchalik cho'ktirish imkonini beruvchi samarali fizik-kimyoviy usul sifatida qaraladi. Tadqiqotda metall asosli va metall bo'lmagan koagulyantlarning turlari, ularning xossalari hamda qo'llanish samaradorligi mavjud ilmiy manbalar asosida solishtirma tarzda o'rganildi. Shuningdek, jarayon samaradorligiga ta'sir etuvchi asosiy omillar, jumladan pH muhiti, koagulyant dozalari, harorat, aralashtirish sharoitlari va kolloid tizimlarning xususiyatlari tizimli ravishda tahlil qilindi. Turli sanoat oqava suvlarining fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari asosida koagulyatsiya jarayonining qo'llanilish imkoniyatlari baholandi. Olingan tahliliy natijalar koagulyatsiya asosidagi tozalash texnologiyalarini takomillashtirish, optimal ish sharoitlarini aniqlash hamda samarali texnologik yechimlarni ishlab chiqishda ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

**Kalit so'zlar:** Sanoat oqava suvlari, koagulyatsiya jarayoni, flokulyatsiya, koagulyantlar, suvni tozalash texnologiyalari, fizik-kimyoviy usullar, tozalash samaradorligi.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЧИСТКЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССА КОАГУЛЯЦИИ

**Икромов Абдулазиз  
Азамович**

Докторант, Ташкентский  
государственный технический  
университет, Ташкент,  
Узбекистан

**Уринов Улугбек  
Комилжонович**

Доктор технических наук,  
Ташкентский государственный  
технический университет,  
Ташкент, Узбекистан

**Файзиев Жахонгир  
Бахромович**

Ташкентский химико-  
технологический научно-  
исследовательский институт,  
доктор технических наук,  
Ташкент, Узбекистан

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются научные основы и современные технологические подходы к процессу коагуляции–флокуляции, широко применяемому при очистке промышленных сточных вод. Процесс коагуляции рассматривается как эффективный физико-химический метод, обеспечивающий стабилизацию коллоидных и мелкодисперсных частиц с последующим их объединением в крупные флоккулы и осаждением. В исследовании проведён сравнительный анализ различных типов коагулянтов (на основе металлов и неметаллических соединений), их свойств и эффективности применения на основе существующих научных источ-

ников. Также системно проанализированы основные факторы, влияющие на эффективность процесса, включая pH среды, дозировку коагулянтов, температуру, условия перемешивания и характеристики коллоидных систем. На основе физико-химических показателей различных промышленных сточных вод оценены возможности применения коагуляционного метода. Полученные результаты служат научной основой для совершенствования технологий очистки воды, определения оптимальных условий процесса и разработки эффективных технологических решений.

**Ключевые слова:** промышленные сточные воды, коагуляция, флокуляция, коагулянты, технологии очистки воды, физико-химические методы, эффективность очистки.

## THEORETICAL FOUNDATIONS AND PRACTICAL APPROACHES TO INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT BASED ON THE COAGULATION PROCESS

***Ikromov Abdulaziz  
Azamovich***

*Doctoral student, Tashkent State  
Technical University, Tashkent,  
Uzbekistan*

***Urinov Ulugbek  
Komiljonovich***

*Doctor of Technical Sciences,  
Tashkent State Technical  
University, Tashkent, Uzbekistan*

***Fayziyev Jahongir  
Bahromovich***

*Doctor of Technical Sciences,  
Tashkent Chemical-Technological  
Research Institute, Tashkent,  
Uzbekistan*

**Abstract.** This article examines the scientific foundations and advanced technological approaches to the coagulation–flocculation process widely used in the treatment of industrial wastewater. Coagulation is considered an effective physicochemical method that enables the destabilization of colloidal and finely dispersed particles, followed by their aggregation into larger flocs and subsequent sedimentation. The study provides a comparative analysis of various types of coagulants (metal-based and non-metal-based), their properties, and application efficiency based on existing scientific sources. Additionally, the main factors affecting process efficiency, including pH conditions, coagulant dosage, temperature, mixing conditions, and characteristics of colloidal systems, are systematically analyzed. Based on the physicochemical parameters of different industrial wastewaters, the applicability of the coagulation process is evaluated. The obtained results serve as a scientific basis for improving water treatment technologies, determining optimal operating conditions, and developing effective technological solutions.

**Keywords:** industrial wastewater, coagulation process, flocculation, coagulants, water treatment technologies, physicochemical methods, treatment efficiency.

**Kirish.** Sanoat oqava suvlarini samarali tozalash bugungi kunda ekologik barqarorlikni ta'minlash va suv resurslaridan oqilona foydalanishda muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu yo'nalishda koagulyatsiya–flokulyatsiya jarayoni yuqori tezlikda kechishi hamda loyqalilik, og'ir metall ionlari va kolloid zarrachalarni samarali bartaraf etish qobiliyati bilan ajralib turadi [3]. Jarayon davomida suspenziyadagi mayda zarrachalar zaryadlarining neytrallanishi natijasida yirik floklar hosil bo'ladi va ular cho'ktirish orqali suvdan ajratiladi, bu esa tozalash samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Shu sababli mazkur usul sanoat miqyosidagi oqava suvlarni tozalash

texnologiyalari orasida eng keng qo'llaniladigan yondashuvlardan biri hisoblanadi. Biroq koagulyatsiya jarayoni har doim ham ideal sharoitda kechmaydi. Masalan, past harorat sharoitida mayda va mustahkam bo'lmagan floklar hosil bo'lishi mumkin, ular tashqi mexanik ta'sirlar ostida oson parchalanadi va cho'kish jarayonini qiyinlashtiradi. Bu holat tozalash samaradorligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shu bois, jarayonni optimallashtirish, ya'ni koagulyatsiya va flokulyatsiya bosqichlarini takomillashtirish orqali yuqori sifatli tozalangan suv olish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Amaliyotda ushbu muammolarni bartaraf etish maqsadida koagulyatsiya yordamchi moddalaridan

foydalaniladi [7]. Ular hosil bo'ladigan floklarning cho'kish tezligini oshiradi, zarrachalarning birikishini kuchaytiradi va natijada suvni ajratish jarayonini yaxshilaydi. So'nggi yillarda turli xil noorganik va organik tabiatga ega koagulyantlar sanoat va maishiy oqava suvlarni tozalashda keng qo'llanilmoqda. Shu bilan birga, oddiy cho'ktirish yoki filtrlash usullari asosan suspenziyadagi zarrachalarni ajratishda samarali bo'lsa-da, erigan moddalar va kolloid tizimlarni bartaraf etishda yetarli natija bermaydi. Aynan koagulyatsiya-flokulyatsiya jarayoni kolloid zarrachalarni samarali olib tashlashga imkon beruvchi asosiy texnologik bosqich hisoblanadi [2].

1-jadval

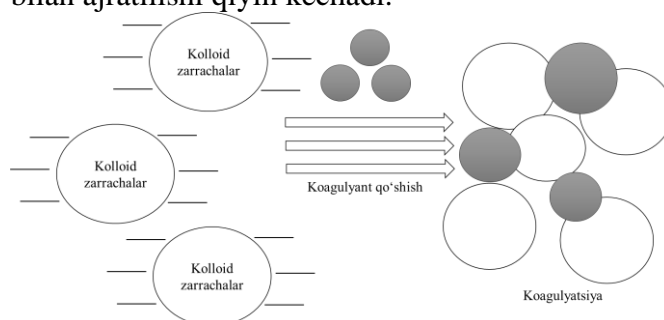
**Sanoat oqava suvlarining asosiy fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari**

Oqava suv manbai	COD (mg O <sub>2</sub> /l)	BOD <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	Polifenollar miqdori (mg/l)	pH oralig'i	Biodegradatsiya indeksi
Chiqindi poligon filtrati	25000–60000	4000–15000	–	>7.5	<0.1
Farmatsevtika sanoati	7893–32500	1692–6000	–	4.0–9.2	0.09–0.59
Qog'oz-sellyuloza sanoati	1500–3800	560–1200	190–220	8–10	<0.2
Maishiy oqava suvlar	500–1000	250–500	–	7.2–8.4	>0.5

**Koagulyatsiya jarayonining nazariy asoslari va mexanizmlari.** Koagulyatsiya suv va sanoat oqava suvlarini tozalashda keng qo'llaniladigan asosiy fizik-kimyoviy jarayonlardan biri bo'lib, u yuqori samaradorligi va texnologik jihatdan soddaligi bilan ajralib turadi. Ushbu jarayon mikro-kolloid zarrachalar va suspenziyadagi qattiq moddalarni ajratib olishda muhim rol o'ynaydi. Koagulyatsiya jarayonida maxsus reagentlar — koagulyantlar qo'llanilib, ular zarrachalar yuzasidagi elektr zaryadlarni neytrallashtirish orqali ularning bir-biriga yaqinlashishi va yiriklashishini ta'minlaydi [6]. Natijada yirik floklar hosil bo'lib, ular keyinchalik cho'ktirish yoki filtrlash orqali suvdan ajratiladi.

Koagulyatsiya mexanizmi bir qator omillarga bog'liq bo'lib, ularga muhitning pH darajasi, koagulyant miqdori, zarrachalarning zaryad xususiyatlari va eritmaning fizik-kimyoviy holati kiradi. Mazkur parametrlarning o'zaro ta'siri koagulyatsiya samaradorligini belgilaydi (1-rasm). Optimal sharoitlarda zarrachalarning destabilizatsiyasi tezlashadi va yirik, barqaror floklar hosil bo'ladi. Aks holda, hosil bo'lgan floklar mayda yoki beqaror bo'lishi mumkin.

Suv tizimlarida uchraydigan kolloid zarrachalar asosan ikki turga ajratiladi: gidrofob va gidrofil kolloidlar. Gidrofob kolloidlar, masalan, loy zarrachalari va gidratlanmagan metall oksidlari, nisbatan beqaror bo'lib, ular koagulyatsiya jarayonida oson destabilizatsiyalanadi. Aksincha, gidrofil kolloidlar, jumladan sovun va ayrim organik moddalar, suv bilan mustahkam bog'langanligi sababli yuqori barqarorlikka ega bo'ladi va ularni ajratish nisbatan murakkab hisoblanadi. Bunday kolloidlar suvda barqaror dispers tizim hosil qilib, oddiy cho'ktirish usullari bilan ajratilishi qiyin kechadi.



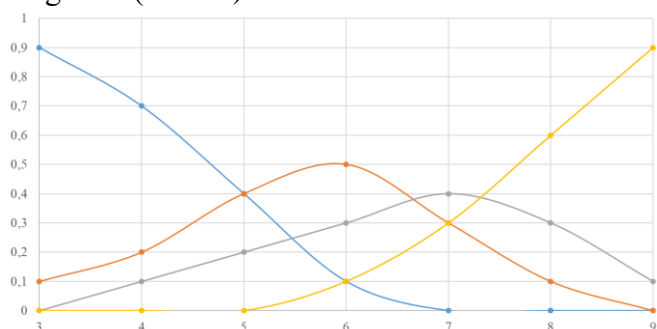
**1-rasm. Koagulyatsiya sxemasi.**

Koagulyatsiya jarayoni asosan suv tarkibidagi suspenziyadagi zarrachalarni ajratishga qaratilgan bo'lsa-da, uning samaradorligi zarrachalarning kelib chiqishi, kimyoviy tarkibi, o'lchami, shakli va zichligiga bevosita bog'liq. Shu sababli koagulyant turini to'g'ri tanlash va jarayon parametrlarini ilmiy asosda optimallashtirish muhim hisoblanadi [9]. Mazkur yondashuv sanoat oqava suvlarini chuqur tozalashda koagulyatsiya asosidagi ilg'or texnologiyalarni ishlab chiqish uchun nazariy va amaliy asos yaratadi.

**Koagulyant tanlashning ilmiy asoslari.**

Koagulyant tanlash suv va sanoat oqava suvlarini tozalash jarayonida muhim bosqich hisoblanadi, chunki har bir koagulyant ma'lum fizik-kimyoviy xususiyatlarga ega suv muhitida maksimal samaradorlikni namoyon etadi. Oqava suv tarkibi, jumladan uning kimyoviy va fizik ko'rsatkichlari, optimal koagulyant turini va uning dozasini aniqlashda hal qiluvchi ahamiyatga ega. Kimyoviy koagulyantlardan foydalanish sanoat oqava suvlarini dastlabki tozalashning asosiy usullaridan biri bo'lib, ular zarrachalar o'lchamini kattalashtirib, ularning tezroq cho'kishiga yordam beradi [1].

Amaliyotda keng qo'llaniladigan koagulyantlardan biri alyuminiy sulfat bo'lib, u iqtisodiy jihatdan maqbul va samaradorligi yuqori reagent hisoblanadi. Ushbu modda suvga qo'shilganda gidrolizlanib, alyuminiy gidroksidi hosil qiladi va kolloid zarrachalarni o'ziga biriktirib, floklar shakllanishiga olib keladi. Alyuminiy sulfatning samaradorligi muhitning pH qiymatiga bog'liq bo'lib, odatda neytralga yaqin sharoitlarda yuqori natija beradi. Gidroliz jarayonida hosil bo'ladigan alyuminiy ionlari turli shakllarda mavjud bo'lib, ularning xossalari pH va haroratga bog'liq ravishda o'zgaradi (2-rasm).



**2-rasm. pH ga bog'liq holda alyuminiy gidroliz mahsulotlari ( $Al^{3+}$ ,  $Al(OH)^{2+}$ ,  $Al(OH)_2^+$ ,  $Al(OH)_4^-$ )ning taqsimlanish diagrammasi.**

Temir asosidagi koagulyantlar ham sanoat oqava suvlarini tozalashda keng qo'llaniladi. Jumladan, temir (III) xlorid organik moddalarni olib tashlash va rangsizlantirishda yuqori samaradorlikka ega. Ushbu koagulyantlar suvga qo'shilganda metall kationlar gidrolizlanib, polimer tuzilishga ega faol zarrachalarni hosil qiladi. Temir tuzlarining samaradorligi muhitning pH qiymatiga sezilarli darajada bog'liq bo'lib, ular kislotali sharoitda yanada faolroq bo'ladi. Past pH qiymatlarida erigan temir turlari musbat zaryadga ega bo'lib, kolloid zarrachalarni samarali destabilizatsiya qiladi, ishqoriy muhitda esa ularning zaryadi manfiy tomonga o'zgaradi.

So'nggi yillarda oldindan gidrolizlangan koagulyantlar, xususan polialyuminiy xlorid keng qo'llanila boshladi. Ushbu koagulyantning afzalligi shundaki, u pH o'zgarishlariga nisbatan kam sezgir bo'lib, past harorat sharoitida ham yuqori samaradorlikni ta'minlaydi. Bundan tashqari, u floklar hosil qilish jarayonini tezlashtiradi va suvda qoldiq alyuminiy miqdorini kamaytiradi. Shu jihatdan, polialyuminiy xlorid an'anaviy alyuminiy sulfatga

nisbatan bir qator ustunliklarga ega bo'lib, zamonaviy suv tozalash texnologiyalarida muhim o'rin egallaydi.

**Koagulyatsiya yordamchi moddalari tanlovi.** Koagulyatsiya jarayonida yordamchi moddalarni to'g'ri tanlash tozalash samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega. Kationik polimerlar suv tarkibidagi zarrachalarning elektr zaryadlarini neytrallash orqali ta'sir ko'rsatadi. Agar kolloid zarrachalar manfiy zaryadga ega bo'lsa, ushbu polimerlar ularni barqaror holatdan chiqarib, o'zaro yaqinlashishini ta'minlaydi. Natijada flokulyatsiya jarayoni sodir bo'lib, destabilizatsiyalangan zarrachalar gidravlik aralash-tirish kuchlari ta'sirida bir-biri bilan to'qnashadi va yirik agregatlar hosil qiladi. Dastlab mikrofloklar shakllanadi, keyinchalik ular yiriklashib, ko'zga ko'rinadigan floklar massalariga aylanadi.

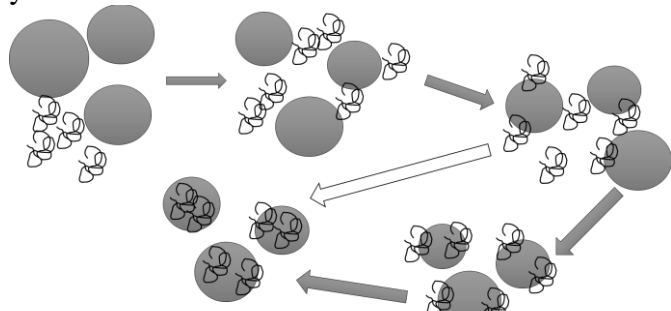
Polielektrolitlar koagulyatsiya jarayonida keng qo'llaniladigan samarali yordamchi reagentlar hisoblanadi. Ular kam miqdorda qo'llanilganda ham yuqori natija beradi va noorganik koagulyantlarga nisbatan yaxshi eruvchanlik, yuqori samaradorlik hamda texnologik ustunliklarga ega. Shu bilan birga, ilmiy tadqiqotlarda tabiiy mineral asosidagi adsorbentlar, xususan bentonitdan foydalanish imkoniyatlari ham keng o'rganilgan. Bentonit murakkab tarkibli gil minerali bo'lib, uning tarkibida kremniy oksidlari, kvarts, kristobalit, opal, shuningdek feldshpat, slyuda, zeolit kabi silikat minerallari hamda ishqoriy yer metallari birikmalari mavjud.

Bentonitning o'ziga xos xususiyati uning nisbatan past manfiy zaryadga egaligidir, bu esa floklarning o'zaro birikishini osonlashtirib, yirik, zich va tez cho'kuvchi strukturalar hosil bo'lishiga olib keladi. Koagulyant bilan birgalikda qo'llanilganda bentonit suvni tiniqlashtirish jarayonini sezilarli darajada yaxshilaydi. Bundan tashqari, bentonitning tarkibiy xususiyatlari tufayli muhitning pH qiymati ortishi kuzatiladi, bu esa koagulyatsiya jarayonida gidrolizlangan zarrachalar shakllanishiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

**Koagulyatsiya jarayoniga ta'sir etuvchi asosiy omillar.** Koagulyatsiya-flokulyatsiya jarayonining samaradorligi bir qator texnologik va fizik-kimyoviy omillarga bog'liq bo'lib, ular jarayonning borishi va yakuniy natijaga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Ushbu omillar qatoriga koagulyant

miqdori, muhitning pH qiymati, aralashtirish tezligi, vaqt parametrlari hamda harorat kiradi. Optimal pH qiymati zarrachalarning zeta-potensialini, qoldiq loyqalilik darajasi hamda ifloslantiruvchilarni ajratib olish samaradorligini belgilaydi. Koagulyantlarning samaradorligi aynan ular uchun mos pH diapazonida maksimal bo'ladi. Shu bilan birga, pH qiymatining o'zgarishi eritmadagi gidroliz jarayonlari va eruvchanlikka ta'sir ko'rsatib, adsorbsiya mexanizmlarini boshqaradi. Koagulyantlar suvga qo'shilganda uning pH qiymatini o'zgartirishi mumkin, ayniqsa asosiylik yuqori bo'lgan reagentlarda polimer shakllar ulushi ortadi. Loyqalilik suv sifatining muhim ko'rsatkichlaridan biri bo'lib, u asosan suspenziyadagi zarrachalar miqdoriga bog'liq. Loyqalilik ortishi suv sifatining yomonlashuviga olib keladi va uni kamaytirish koagulyatsiya jarayonining asosiy maqsadlaridan biri hisoblanadi.

Harorat ham jarayon samaradorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Past harorat sharoitida kolloid zarrachalar barqarorlashadi, metall ionlarining gidroliz reaksiyalari sekinlashadi va natijada zarrachalarni ajratib olish samaradorligi pasayadi. Bunday sharoitda mayda va beqaror floklar hosil bo'lishi kuzatiladi. Shu bilan birga, temir asosidagi koagulyantlarda past haroratda gidroliz jarayonlari nisbatan tezroq kechib,  $Fe(OH)_3$  cho'kmasi hosil bo'lishi orqali yirik floklar shakllanishiga imkon yaratadi.

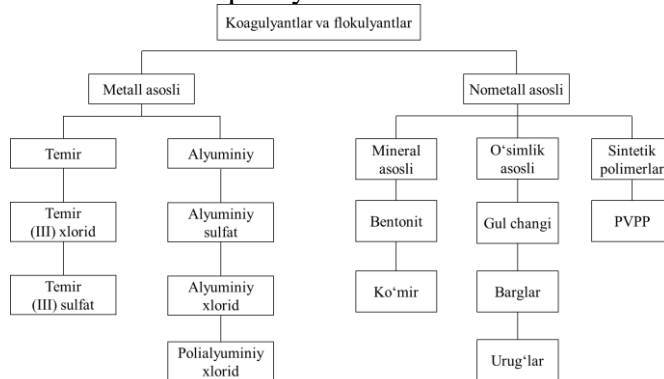


**3-rasm. Polimer asosidagi koagulyatsiya jarayonining prinsipi.**

Koagulyatsiya jarayonida polielektrolitlardan foydalanish zarrachalar zaryadini neytrallash va ular orasida bog'lanish hosil qilish orqali flok hosil bo'lishini kuchaytiradi (3-rasm). Kationik polimerlar manfiy zaryadlangan kolloid zarrachalarni destabilizatsiya qilib, ularning o'zaro to'qnashuv ehtimolini oshiradi. Yuqori dozadagi koagulyant

qo'llanilganda "tortib olish koagulyatsiyasi" mexanizmi yuzaga kelib, kolloid zarrachalar yirik agregatlar tarkibiga tortiladi. Zeta-potensialning kamayishi va qarama-qarshi zaryadli flokulyantlar qo'llanishi zarrachalarning birikish samaradorligini oshiradi.

Koagulyatsiya-flokulyatsiya jarayoni odatda tez aralashtirish bosqichi bilan boshlanib, undan keyin sekin aralashtirish va cho'ktirish bosqichlari bilan davom etadi. Aralashtirish vaqti va intensivligi, shuningdek apparatning geometrik xususiyatlari flok hosil bo'lish jarayoniga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Flokulyatsiya vaqti eritma tarkibiga qarab o'zgaradi, biroq ko'pincha qisqa muddatli tez aralashtirish bosqichi yetarli hisoblanadi.



**4-rasm. Oqava suvlarni tozalashda qo'llaniladigan metall va metall bo'lmagan koagulyantlar.**

2-jadval

**Koagulyantlarning afzallik va kamchiliklari**

Koagulyant	Afzalliklari	Kamchiliklari
Alyuminiy sulfat ( $Al_2(SO_4)_3$ )	Arzon va keng qo'llaniladi. Taxminan pH $\approx$ 3.5 eritma hosil qiladi. Qo'llash oson.	Ortiqcha qo'llansa suvda qoldiq metall hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan cho'kma yuqori namlikka ega va suvsizlantirish qiyin.
Temir(III) xlorid ( $FeCl_3$ )	Flok hosil qilish xususiyatlari yaxshi. Alyuminiy sulfatga o'xshash pH diapazonida samarali.	Korroziyaga ega, eritilishi qiyin. Ortiqcha qo'llansa suvda temir miqdori oshadi.
Kalsiy gidroksid ( $Ca(OH)_2$ , ohak)	Arzon va qo'llash oson. Polifenollar, yog' va COD ni kamaytiradi.	pH tez oshadi va ishqoriy muhit yuzaga keladi.
Polialyuminiy xlorid	Zarrachalarni yuqori samaradorlik bilan olib tashlaydi. pH kamayishi kam, kimyoviy sarf kamayadi.	Sog'liq uchun potensial xavf mavjud bo'lishi mumkin, jumladan nevrologik ta'sirlar.

Koagulyatsiya jarayonini samarali amalga oshirish uchun turli turdagi koagulyantlardan

foydalaniladi. Ular o'zining kelib chiqishi va kimyoviy tarkibiga ko'ra asosan metall asosli hamda metall bo'lmagan koagulyantlarga ajratiladi. Har bir guruh o'ziga xos fizik-kimyoviy xususiyatlarga ega bo'lib, muayyan sharoitlarda turli darajadagi samaradorlikni ta'minlaydi. Shu bois, koagulyant turini tanlash jarayonida suv tarkibi, pH muhiti va texnologik sharoitlar inobatga olinadi. Mazkur tasnif koagulyatsiya jarayonining ilmiy asoslarini tushunishda muhim ahamiyatga ega bo'lib, tegishli sxema orqali ifodalangan (4-rasm).

**Xulosa.** Mazkur maqolada sanoat oqava suvlarini tozalashda koagulyatsiya–flokulyatsiya jarayonining ilmiy asoslari hamda zamonaviy texnologik yondashuvlari tahlil qilindi. O'rganishlar natijasida ushbu jarayon kolloid va mayda dispers zarrachalarni destabilizatsiya qilish orqali ularni yirik floklarga birlashtirish va samarali ajratish imkonini beruvchi muhim fizik-kimyoviy usul ekanligi aniqlandi. Koagulyatsiya samaradorligi koagulyant turini tanlash, pH muhiti, reagent

dozalari, harorat va aralashtirish sharoitlariga bevosita bog'liq bo'lib, optimal parametrlar tanlanganda yuqori tozalash darajasiga erishish mumkin. Alyuminiy va temir asosidagi koagulyantlar keng qo'llanilishi bilan birga, polialyuminiy xlorid kabi zamonaviy reagentlar yuqori samaradorligi va barqarorligi bilan ajralib turadi. Tahlillar shuni ko'rsatadiki, turli sanoat tarmoqlariga xos oqava suvlarning fizik-kimyoviy tarkibi ularni tozalashda individual yondashuvni talab etadi. Past biodegradatsiyaga ega bo'lgan oqava suvlar uchun koagulyatsiya jarayoni ayniqsa muhim bosqich hisoblanadi. Shu bilan birga, polielektrolitlar va tabiiy mineral qo'shimchalar flok hosil bo'lish jarayonini kuchaytirib, tozalash samaradorligini oshiradi. Kelgusida koagulyatsiya texnologiyalarini takomillashtirish, ularni boshqa tozalash usullari bilan uyg'unlashtirish va optimal ish sharoitlarini aniqlash sanoat oqava suvlarini samarali tozalashning asosiy yo'nalishlaridan biri bo'lib qoladi.

#### **FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI**

- [1] Bratby, J. (2016). Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment (3rd ed.). IWA Publishing.
- [2] Bolto, B., & Gregory, J. (2007). Organic polyelectrolytes in water treatment. *Water Research*, 41(11), 2301–2324. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.03.012>
- [3] Wang, J., & Chen, H. (2019). Coagulation–flocculation process for industrial wastewater treatment: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 28, 101–110. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.02.002>
- [4] Teh, C. Y., Budiman, P. M., Shak, K. P. Y., & Wu, T. Y. (2016). Recent advancement of coagulation–flocculation and its application in wastewater treatment. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 55(16), 4363–4389. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.5b04703>
- [5] Gregory, J. (2006). Particles in water: Properties and processes. *Water Intelligence Online*, 5, 9781780407314. <https://doi.org/10.2166/9781780407314>
- [6] Duan, J., & Gregory, J. (2003). Coagulation by hydrolysing metal salts. *Advances in Colloid and Interface Science*, 100–102, 475–502. [https://doi.org/10.1016/S0001-8686\(02\)00067-2](https://doi.org/10.1016/S0001-8686(02)00067-2)
- [7] Khojakulov, A., Ruziyev, U., Boymurodov, N., Shernazarov, I., Mashaev, E., & Shoyimova, K. (2024). Research and determination of parameters for extracting valuable components from technological waste. *BIO Web of Conferences*, 149, 01049.
- [8] Abdisamievich, S. A., Mamarasulovich, R. U., & Azamatugli, K. O. (2025). Development of technology for obtaining alumina from local raw materials. *Sanoatda raqamli texnologiyalar/Цифровые технологии в промышленности*, 3(2), 105–111.
- [9] Хужакулов, Н. Б., Рузиев, У. М., & Насирова, Н. Р. (2021). Исследования влияния качества биокека на показатели сорбционного выщелачивания. *Universum: технические науки*, (5-2 (86)), 20–23.