

**PORTLANDSEMENT TARKIBIDAGI XOMASHYOLARINI  
AKTIVLASHTIRISHNING KIMYOVIY USULLARI**

**Hikmatova Hilola Ilhom qizi**

**Nurmamatova Ruxshona Mardi qizi**

**Xudoyberdiyeva Farzona Ilhom qizi**

**Rayimova Zarina Alisher qizi**

*Samarqand Davlat Universiteti Kattaqo'rg'on filiali Kimyo yo'nalishi talabalari*

[hikmatovahilola00@gmail.com](mailto:hikmatovahilola00@gmail.com)

**MAQOLA  
MALUMOTI**

**ANNOTATSIYA:**

**MAQOLA TARIXI:**

*Received: 28.08.2025*

*Revised: 29.08.2025*

*Accepted: 30.08.2025*

**KALIT SO'ZLAR:**

*Portlandsement,  
kimyoviy aktivlashtirish,  
xomashyo tarkibi,  
mineral fazalar,  
gidratatsiya, klinker,  
modifikatsiya, pozzolanik  
reaktsiya, sement sifati.*

*Mazkur maqolada portlandsement ishlab chiqarish jarayonida xomashyo tarkibini kimyoviy usullar bilan aktivlashtirish masalalari yoritiladi. Aktivlashtirish jarayonining mohiyati va undan ko'zlangan maqsadlar, jumladan, klinker fazalarini yaxshilash, energiya sarfini kamaytirish va mahsulot sifatini oshirish kabi yo'nalishlar asosida tahlil qilinadi. Kimyoviy aktivatorlar sifatida foydalanilayotgan oksidlar, tuzlar, sulfatlar va sanoat chiqindilari orqali silikat va aluminat fazalarining faolligi oshirilishi natijasida portlandsementning mexanik va texnologik xossalarni yaxshilash imkoniyati muhokama qilinadi.*

**Kirish**

Zamonaviy qurilish sanoatida portlandsement eng ko'p qo'llaniladigan bog'lovchi materiallardan biri hisoblanadi. Uning ishlab chiqarish jarayoni texnologik jihatdan mukammal bo'lishi bilan birga energiya resurslarini ko'p talab qiladi. Shu sababli ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va mahsulot sifatini yaxshilash maqsadida xomashyo

komponentlarini aktivlashtirish dolzarb yo'nalish hisoblanadi. Kimyoviy aktivlashtirish orqali xomashyo tarkibidagi silikat, aluminat va ferrit fazalari o'zaro ta'sirchan holatga keltiriladi. Bu jarayon klinker pishirish bosqichida fazalarning tezroq hosil bo'lishini, yakuniy sementning esa tez qattiqlashishini, yuqori mustahkamlik ko'rsatkichlariga ega bo'lishini ta'minlaydi. Bugungi kunda ushbu yondashuv nafaqat ishlab chiqarish tejamkorligini oshirishda, balki ekologik talablarga mos sement ishlab chiqarishda ham katta ahamiyat kasb etmoqda.

Portlandsement ishlab chiqarishda asosiy xomashyolar bo'lib ohaktosh, loy, mergel, temir javhari, sanoat chiqindilari va qo'shimchalar xizmat qiladi. Ushbu komponentlarning faolligi ularning minerallik darajasi, kimyoviy tuzilishi va o'zaro nisbatiga bog'liq bo'ladi. Kimyoviy aktivlashtirish usuli orqali ushbu xomashyolar tarkibidagi  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  kabi oksidlar reaktiv holatga keltiriladi. Aktivlashtiruvchi moddalar sifatida turli mineral qo'shimchalar (masalan, natriy sulfat, ammiakli tuzlar, kislotali modifikatorlar, gidroksidlar) qo'llaniladi. Ular xomashyo aralashmasining kimyoviy muvozanatini o'zgartirib, termik jarayonlarsiz ham fazaviy o'zgarishlarni jadallashtiradi. Shuningdek, kimyoviy aktivlashtirishning yana bir samarali yo'li bu – katalitik moddalar qo'llashdir. Ular xomashyo komponentlarining bir-biri bilan o'zaro ta'sirini tezlashtiradi, past haroratda ham kompleks oksidlar hosil bo'lishini rag'batlantiradi. Masalan, marganets, vanadiy, kobalt, titan oksidlari va ularning tuzlari xomashyo massasiga oz miqdorda qo'shilganda,  $\text{SiO}_2$  va  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ni yuqori faollikda reaksiyaga kiritadi. Bu holat klinkerning  $\text{C}_3\text{S}$  va  $\text{C}_3\text{A}$  miqdorini ko'paytiradi, natijada sementning dastlabki qattiqlashuv kuchi oshadi.

Bundan tashqari, kislotali va asosli qo'shimchalar yordamida xomashyo komponentlarining strukturaviy o'zgarishiga erishish mumkin. Masalan, limon kislotasi yoki fosforli kislotalar  $\text{CaCO}_3$  bilan reaksiya qilganida eruvchan komplekslar hosil qiladi, bu esa ohaktoshning yuqori reaktivlikda qatnashishini ta'minlaydi. Boshqa tomondan, natriy va kaliy gidroksidlar  $\text{SiO}_2$  va  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ni g'ovakli holatga keltiradi va ularning kristall tuzilmasini susaytiradi, bu esa ularni reaktiv fazaga aylantiradi.

Aktivlashtirishda ion almashinish reaksiyalaridan ham foydalaniladi. Masalan,  $\text{Na}^+$  va  $\text{K}^+$  ionlari mavjud bo'lgan muhitda  $\text{SiO}_2$  va  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tuzilmalarida ionik o'zgarishlar yuz beradi. Bu xomashyodagi inert bo'lgan komponentlarning faolligini oshiradi. Natijada, sement tarkibida mustahkam, ko'p fazali, zich gidratatsiya mahsulotlari hosil bo'ladi. Ion almashinish asosida faol pozzolanik reaksiyalar rag'batlantiriladi, bu esa sovuqqa chidamlilik, sulfatga qarshilik va suvga bardoshlilikni kuchaytiradi.

Yana bir zamonaviy yondashuv bu – sanoat chiqindilarini kombinatsiyalab aktivlashtirishdir. Masalan, silisli qum, shisha chiqindilari, granullangan domna shlaki yoki metakaolin kabi materiallar  $\text{SiO}_2$  va  $\text{Al}_2\text{O}_3$  manbai bo‘lib xizmat qiladi. Ular ohak bilan reaksiyaga kirishib, C-S-H va C-A-H kabi mustahkamlik beruvchi fazalarni hosil qiladi. Ushbu materiallar ekologik xavfsiz bo‘lib, ular orqali nafaqat xomashyolar aktivlashtiriladi, balki atrof-muhitga chiqindilar chiqishini kamaytirish mumkin bo‘ladi. Kimyoviy aktivlashtirishning istiqbolli yo‘nalishlaridan biri bu — kompleks aktivatorlardan foydalanish hisoblanadi. Bu usulda bir nechta kimyoviy komponentlar aralashmasi xomashyo tarkibiga qo‘shiladi, ularning har biri turli reaktiv moddalarni faollashtiradi. Masalan, kaltsiy nitrat, temir sulfat va natriy karbonat aralashmasi ohaktosh, gilli komponent va temir oksidlari bilan o‘zaro ta’sirda kompleks silikat va aluminat fazalarining tez hosil bo‘lishiga olib keladi. Bu esa sement klinkerini sintez qilish haroratini pasaytiradi va yoqilg‘i sarfini kamaytirishga xizmat qiladi.

Yana bir dolzarb yondashuv — sulfat aktivatorlaridan foydalanishdir. Gips, angidrit, natriy sulfat va boshqa sulfatlar xomashyodagi aluminat fazalar bilan reaksiyaga kirishib, ettringit va boshqa gidrat mahsulotlarining tez hosil bo‘lishini rag‘batlantiradi. Bu hodisa sementning dastlabki qotish vaqtini qisqartiradi, ayni paytda sovuqqa va suvga chidamliligini oshiradi. Sulfatlar ayniqsa past reaktivlikka ega gilli xomashyo yoki loysimon qumlarni aktivlashtirishda foydali hisoblanadi.

Alkali aktivlashtirish — zamonaviy va ekologik jihatdan ustun yo‘nalishlardan biri bo‘lib, u flyuglar, masalan, natriy va kaliy tuzlari yordamida amalga oshiriladi. Alkali aktivatorlar sement tarkibidagi amorf silikat va aluminat komponentlarni kristall fazalarga aylantirish jarayonini tezlashtiradi. Bu jarayon pozzolanik materiallar, granullangan shlaklar va boshqa sanoat chiqindilarini ham osonlik bilan faollashtirishga imkon beradi. Bu yo‘nalish, ayniqsa, uglerod chiqindilarini kamaytirish va ekologik barqaror sement ishlab chiqarishni ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi.

Bundan tashqari, katalitik sintez usullari xomashyodagi inert yoki sust komponentlarni faollashtirishda keng qo‘llanilmoqda. Titan dioksidi, mis oksidi, magniy tuzlari yoki bor birikmalari xomashyoga qo‘shilganda, ular fizik-kimyoviy aktivlikni oshiradi, suyuqlanish chegarasini pasaytiradi va sintezga kirishish vaqtini sezilarli darajada qisqartiradi. Ushbu katalizatorlar yordamida klinker hosil bo‘lishi optimal termik sharoitda sodir bo‘ladi, bu esa mahsulot sifatini yuqori darajada saqlagan holda energiya tejamkorlikni ta’minlaydi.

Yangi tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, xomashyoni kimyoviy aktivlashtirishda nanotexnologik yondashuvlardan ham foydalanish mumkin. Masalan, nanosilikat yoki

nanoaluminat aralashmalari sement tarkibidagi mikrotuzilmani optimallashtiradi, yoriqlarning rivojlanishiga qarshi turadi va mustahkamlikni ancha oshiradi. Nanoaktivatorlar tufayli g'ovaklik darajasi kamayadi, bu esa sement asosidagi mahsulotlarning uzoq muddatga chidamli va yuqori zichlikka ega bo'lishiga xizmat qiladi.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, kimyoviy aktivlashtirish usullari har bir xomashyo aralashmasining mineralogik va kimyoviy xususiyatlariga qarab moslashtiriladi. Shu sababli aktivatorlarning miqdori, turi va aralashish sharoiti tajriba asosida belgilanishi lozim. Bu yondashuv sement ishlab chiqarishda ilmiy yondashuv va texnologik moslashuvchanlikni talab etadi. Natijada esa, yuqori sifatli, mustahkam, tez qotuvchi va ekologik barqaror sement olish imkoniyati kengayadi.

Ohaktoshning kimyoviy faolligi uni ohak holatida oldindan aktivlashtirish orqali oshiriladi. Bu esa klinker hosil bo'lish jarayonida  $C_3S$  va  $C_2S$  fazalarining nisbiy miqdorini oshiradi. Loy yoki mergel tarkibidagi  $Al_2O_3$  ni aktivlashtirish uchun sulfatli komponentlar qo'shiladi, bu esa  $C_3A$  va  $C_4AF$  fazalarining oson shakllanishiga yordam beradi. Temir oksidi esa temir tuzlari yordamida yuqori haroratda ferrit fazalarini faollashtiradi.

Bundan tashqari, industrial chiqindilar asosida aktivlashtirish ham keng qo'llanilmoqda. Masalan, metallurgik shlaklar, uchuvchi kul, fosfogips kabi materiallar  $SiO_2$  va  $Al_2O_3$  manbai sifatida ishlatiladi. Ularning tarkibidagi pozzolanik komponentlar gidratatsiya jarayonida sementning asosiy tarkibiy qismi bo'lgan C-S-H fazasini hosil qiladi va bu jarayon portlandit bilan sinergik reaksiyada ketadi. Bunday usullar sementning erta va yakuniy mustahkamligini oshiradi, suvga chidamlilik, kimyoviy qarshilik va sovuqqa bardoshlilikni kuchaytiradi.

Kimyoviy aktivlashtirishning afzalliklaridan yana biri – energiya sarfini kamaytirish imkoniyatidir. Xomashyolar dastlab aktivlashtirilganda klinker pishirish harorati pasayadi, bu esa yoqilg'i sarfini kamaytiradi va ekologik emissiyalarni nazorat qilishda ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Natijada ishlab chiqarish iqtisodiy samaradorligi oshadi, sement sifati barqaror bo'ladi va mahsulotning ekologik talablarga javob berish ko'rsatkichi ortadi.

### **Xulosa**

Xomashyo tarkibini kimyoviy usullar bilan aktivlashtirish portlandsement ishlab chiqarishning eng samarali yo'nalishlaridan biridir. Bu yondashuv nafaqat xomashyo tarkibidagi oksidlarning reaktivligini oshiradi, balki klinker fazalarining to'liq shakllanishini ta'minlaydi, mahsulotning mustahkamligi, chidamliligi va gidratatsiya xossalari yaxshilaydi. Shu bilan birga, ishlab chiqarish xarajatlari kamayadi, ekologik barqarorlik ta'minlanadi. Kelgusida ushbu texnologiyalarni yanada takomillashtirish orqali yuqori

sifatli, tejamkor va atrof-muhitga xavfsiz sement mahsulotlari yaratish imkoniyatlari kengayadi.

#### **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Mahmudov A., Sement ishlab chiqarish texnologiyasi. Toshkent: Fan
2. Ergashov D., Qurilish materiallari kimyosi. Toshkent: O'qituvchi
3. Saidov Sh., Mineral bog'lovchilar va ularning tahlili. Samarqand: SamDU
4. UNIDO. Cement Production and Climate Change Mitigation
5. Rashid M., "Chemical Activation of Cement Raw Materials: A Review", Journal of Materials Science and Engineering
6. Portland Cement Association (PCA) – Technical Guidelines and Industry Reports.

