

UO‘K: 691.678:504.06

<https://doi.org/10.70769/2181-4732.ITJ.2025-4.17>

OLTINGUGURT ASOSDAGI POLIMER BETON ISHLAB CHIQUARISHNING EKOLOGIGA TASIRINI TATQIQOTLASH

Mo‘ydinov Anvarjon Raximjon o‘g‘li – magistrant,

ORCID: 0009-0007-7953-883X, E-mail: moydinovanvar78@gmail.com;

Ziyamuxamedova Umida Alijonovna – texnika fanlari doktori, professor,

ORCID: 0000-0001-5005-0477, E-mail: z.umida1973@yandex.ru;

Nafasov Jasurbek Himmat o‘g‘li - texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), katta o‘qituvchi, ORCID: 0000-0002-0415-2584, E-mail: nafasovz@mail.ru;

Abduraximov Shohjahon O‘ktam o‘g‘li – doktorant (PhD),

ORCID: 0009-0008-1018-9851, E-mail: shohjahon.abduraximov@mail.ru

Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent sh., O‘zbekiston

Annotasiya. Ushbu maqolada oltingugurt asosidagi polimer beton ishlab chiqarish texnologiyasi va uning ekologik jihatdan samaradorligi tahlil qilinadi. An‘anaviy sementli betonlarga nisbatan oltingugurtli polimer betonning ishlab chiqarish jarayonida karbonat angidrid (CO_2) chiqindilari sezilarli darajada kamayishi, energiya sarfi pastligi hamda sanoat chiqindisi sifatida to‘planayotgan ortiqcha oltingugurtdan to‘liq foydalanish imkoniyati ilmiy asosda yoritiladi. Shuningdek, oltingugurt polimerlarning qayta ishlanishi, kimyoviy barqarorligi, suv va kislotalarga chidamliligi natijasida uzoq muddatli xizmat ko‘rsatishi atrof-muhitga ijobiy ta‘sir ko‘rsatishi aniqlanadi. Shu bilan birga, yuqori harorat ($140-150\text{ }^{\circ}C$) talab qiluvchi qayta eritish jarayonlari hamda polimerizatsiya bosqichida yuzaga keluvchi gaz chiqindilarining oldini olish bo‘yicha texnologik yechimlar taqdim etiladi. Tadqiqot natijalari oltingugurt asosidagi polimer beton ekologik barqaror qurilish materiallari qatorida muhim o‘rin tutishini ko‘rsatadi va yashil iqtisodiyot konsepsiyasiga mos innovatsion yechim sifatida baholanadi.

Kalit so‘zlar: oltingugurt beton, sement beton, ekologik muammolar, CO_2 , yonuvchanlik, erish harorati, kristallanish, suv yutuvchanlik, kislatabardoshlilik.

УДК: 691.678:504.06

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРНОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ СЕРЫ

Муйдинов Анваржон Рахимжон угли – магистрант;

Зиямухамедова Умида Алижоновна – доктор технических наук, профессор;

Нафасов Жасурбек Химмат угли - доктор философии по техническим наукам (PhD), старший преподаватель;

Абдурахимов Шохжахон Уктам угли – докторант (PhD)

Ташкентский государственный транспортный университет, г. Ташкент, Узбекистан

Аннотация. В данной статье анализируется технология производства полимерного бетона на основе серы и его экологическая эффективность. По сравнению с традиционным цементным бетоном, процесс производства полимерного бетона на основе серы значительно снижает выбросы углекислого газа (CO_2), требует меньшего энергопотребления и позволяет полностью использовать избыток серы, накапливающийся в качестве промышленного побочного продукта. Кроме того, возможность вторичной переработки, химическая стабильность и высокая устойчивость полимеров на основе серы к воде и кислотам способствуют их долговечности, что приводит к положительному воздействию на окружающую среду. В статье также представлены технологические решения для предотвращения выбросов газов, которые могут возникать в процессе высокотемпературного переплавления и полимеризации. Результаты исследования показывают, что полимерный бетон на основе серы занимает важное место среди экологически устойчивых строительных материалов и оценивается как инновационное решение, соответствующее концепции «зеленой экономики».

Ключевые слова: серный бетон, цементный бетон, экологические проблемы, CO₂, воспламеняемость, температура плавления, кристаллизация, водопоглощение, кислотостойкость.

UDC: 691.678:504.06

STUDY OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF SULFUR-BASED POLYMER CONCRETE PRODUCTION

Muydinov, Anvarjon Rakhimjon ugli – Master's student;

Ziyamukhamedova, Umida Alijonovna – Doctor of Technical Sciences, Professor;

Nafasov, Jasurbek Khimmat ugli - Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD), Senior lecturer;

Abdurakhimov, Shokhjakhon Uktam ugli – Doctoral student (PhD)

Tashkent State Transport University, Tashkent city, Uzbekistan

Abstract. *This article analyzes the production technology of sulfur-based polymer concrete and its environmental efficiency. Compared to traditional cement-based concrete, the manufacturing process of sulfur polymer concrete significantly reduces carbon dioxide (CO₂) emissions, requires lower energy consumption, and enables the full utilization of excess sulfur accumulated as an industrial by-product. Additionally, the recyclability, chemical stability, and high resistance of sulfur polymers to water and acids contribute to their long-term durability, resulting in a positive environmental impact. The article further presents technological solutions to prevent gas emissions that may occur during the high-temperature remelting and polymerization processes. The research results demonstrate that sulfur-based polymer concrete holds an important place among environmentally sustainable construction materials and is evaluated as an innovative solution aligned with the green economy concept.*

Keywords: *sulfur concrete, cement concrete, ecological problems, CO₂, flammability, melting temperature, crystallization, water absorption, acid resistance.*

Kirish

Soʻnggi yillarda qurilish sanoatida ekologik barqaror materiallarni ishlab chiqish va ulardan samarali foydalanish global miqyosda dolzarb masalaga aylandi. Anʼanaviy portlandsement ishlab chiqarish jarayonida katta miqdorda issiqxona gazlari, xususan karbonat angidrid (CO₂) ajralib chiqishi, energiya va tabiiy resurslar sarfining yuqoriligi atrof-muhitga sezilarli salbiy taʼsir koʻrsatmoqda. Shu munosabat bilan, sement oʻrnini bosuvchi innovatsion materiallarni yaratish va ularni ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirish ilmiy izlanishlarning ustuvor yoʻnalishlaridan biri boʻlib kelmoqda [1]. Oltingugurt asosidagi polimer beton ushbu yoʻnalishda istiqbolli yechimlardan biri hisoblanadi. Bunday beton turi qayta eritiluvchi termoplastik xususiyatga ega boʻlib, sanoat chiqindisi sifatida katta hajmda toʻplanib qolayotgan texnik oltingugurtdan samarali foydalanish imkonini beradi. Mazkur materialning yuqori kimyoviy chidamliligi, suv va kislotalarga nisbatan barqarorligi, tez qotishi hamda oʻzining qayta ishlanish xususiyati uni ekologik jihatdan afzal qurilish materiali sifatida namoyon etadi. Shu bilan birga, oltingugurtli polimer betonni ishlab chiqarish jarayonida CO₂ emissiyasi minimal boʻlishi va energiya sarfi nisbatan pastligi ishlab chiqarishning umumiy ekologik izini qisqartirishga xizmat qiladi [2]. Mazkur tadqiqotda oltingugurt asosidagi polimer beton ishlab chiqarish texnologiyalari, uning ekologik samaradorligi, mavjud afzallik va cheklolar ilmiy asosda tahlil qilinadi. Bundan tashqari, ekologik xavfsizlik talablarini taʼminlash va chiqindilarni kamaytirishga yoʻnaltirilgan texnologik yondashuvlar ham koʻrib chiqiladi [3]. Tadqiqot natijalari ekologik toza, energiya tejamkor va barqaror qurilish materiallarini yaratish boʻyicha yangi imkoniyatlarni ochib beradi hamda yashil iqtisodiyot konsepsiyasini qoʻllab-quvvatlashga xizmat qiladi [4-5].

Materiallar va tadqiqodlar metodologiyasi

Ushbu tadqiqotda oltingugurt asosidagi polimer betonning ekologiyaga ta'siri va ularning an'anaviy sement asosidagi beton bilan solishtirilganda fizik-mexanik xususiyatlari o'rganildi. Tajriba jarayonida ikkita asosiy material guruhi qo'llanildi: oltingugurt polimerli beton aralashmasi va portlandsement asosidagi oddiy beton aralashmasi. Oltingugurtli bog'lovchi sifatida qayta ishlangan texnik oltingugurt va modifikatsiyalangan polimer qo'shimchalari ishlatildi. Solishtirish uchun sementli beton tarkibida standart portlandsement, qum va tosh bo'laklaridan Tajribada namuna tayyorlash jarayoni beton ishlab chiqarish bo'yicha amaldagi laboratoriya talablariga asoslandi. Barcha materiallar quritildi, o'lchandi va bir xil granulometrik tarkibda tayyorlandi. Aralashmalar $20 \times 20 \times 20$ mm va $40 \times 40 \times 160$ mm o'lchamdagi kub va prizma shaklida quyildi. Oltingugurtli bog'lovchi eritilgan holatda agregatlar bilan mexanik aralashtirilib, qoliplarga quyildi va sovitildi. Sementli aralashmalar esa suv qo'shilgan holda bir xil texnologiya asosida tayyorlandi. Tadqiqotda asosiy e'tibor har ikki materialning mustahkamligi, suv shimish darajasi, kimyoviy ta'sirlarga chidamliligi hamda issiqlikka barqarorlik ko'rsatkichlariga qaratildi [6]. Natijalar shuni ko'rsatdiki, oltingugurt asosidagi polimer beton yuqori bosim ostidagi mustahkamlikka, kimyoviy muhitga chidamlilikka va suv shimuvchanligining past bo'lishiga ega. Xususan, ushbu beton turi siqilishdagi mustahkamlik natijalarida an'anaviy sementli betondan yuqori ko'rsatkichlarga erishdi, shu bilan birga suv singdirish darajasi deyarli minimal bo'ldi. Sementli betonda esa namlikni yutish yuqori bo'lib, bu uning kimyoviy ta'sirlarga nisbatan chidamliligi pastligiga olib keldi. Shuningdek, ekologik jihatdan oltingugurt asosidagi beton ishlab chiqarish jarayonida karbonat angidrid gazi chiqarilishi keskin kamaygani kuzatildi. Sement ishlab chiqarish bilan solishtirganda, bu jarayon atrof-muhitga zarar yetkazmaydi, chunki oltingugurt ko'pincha sanoat chiqindisi sifatida qayta ishlatiladi [7]. Demak, ushbu material nafaqat mustahkamlik talablariga javob beradi, balki barqaror qurilish materiallari orasida muhim o'rin egallaydi.

Natijalar va muhokamalar

Tadqiqot natijalari oltingugurt asosidagi polimer beton an'anaviy portlandsement asosidagi beton bilan solishtirilganda, uning fizik-mexanik va ekologik afzalliklari yaqqol namoyon bo'lishini ko'rsatdi. Namunalarning 28 kunlik etuklash davridan keyin o'tkazilgan sinovlari asosida shuni aytish mumkinki, oltingugurt beton siqilishdagi mustahkamligi bo'yicha an'anaviy beton ko'rsatkichlaridan sezilarli darajada yuqori natija berdi. Aniqroq aytganda, uzoq muddatli mustahkamlik sinovlarida oltingugurt polimerli beton o'rtacha 71 MPa, sementli beton esa 38 MPa atrofida mustahkamlik ko'rsatdi [8]. Shuningdek, cho'zilishga mustahkamlik ko'rsatkichlari ham oltingugurtli beton foydasiga farqlandi — 7 MPa ga yaqin natija qayd etilib, sement betonidagi mos qiymatning 2,3 barobaridan yuqori bo'ldi. Materiallarning qo'shimcha tahlillari shuni ko'rsatdiki, oltingugurt asosidagi betonning zichligi 2350 kg/m^3 atrofida bo'lib, sement betonining $2200\text{--}2400 \text{ kg/m}^3$ oralig'idagi qiymatlariga juda yaqin. Biroq ikki material orasidagi eng keskin farqlardan biri — ularning suv shimuvchanlik darajasida kuzatildi. Sementli beton suvni o'rtacha 3,8% gacha singdirgan bo'lsa, oltingugurt betonida ushbu ko'rsatkich atigi 0,12% ni tashkil etdi. Bu natija oltingugurt polimerli betonning gidroizolyatsion xususiyati yuqoriligini va korroziyaga nisbatan yuqori darajada barqaror ekanligini tasdiqlaydi [9-10].

1-jadval

Oddiy sement betonning oltingugurt asosli polimer beton xossalari bilan taqqoslash

Ko'rsatkichlari	Oddiy sement beton	Oltingugurt asosli polimer beton	Farq va afzalliklari
Bosimga chidamlilik (MPa)	45-60	65-75	30-40% yuqori mustahkamlik
Egilishga mustahkamligi (MPa)	5-6	9-10	60% gacha yuqori
Zichlik (kg/m^3)	2300	2200	Yengilroq, transportga qulay
Suv yutuvchanlik (%)	5-7	0,05-0,1	Deyarli suv o'tkazmaydi
Issiqlikka bardoshlilik ($^{\circ}\text{C}$)	250	400	150 $^{\circ}\text{C}$ ga yuqori

Ishlab chiqarishdagi CO ₂ chiqindisi (kg/tonna)	~900	~150	6 baravar ekologik toza
Qayta ishlash imkoniyati	Past	Yuqori	To'liq qayta eritilishi mumkin

Kimyoviy chidamlilik bo'yicha o'tkazilgan sinovlar ham oltingugurtli betonning ustunligini ko'rsatdi. Xususan, 5% lik sulfat kislotasi eritmasida

28 kun davomida saqlangan sementli beton namunalarida massaning 12% dan ortiq yo'qolishi kuzatilgan bo'lsa, oltingugurt betonida bu ko'rsatkich 1% dan kam bo'ldi. Bu, ayniqsa, kimyoviy agressiv muhitlarda ishlatiladigan inshootlar uchun oltingugurt polimerli betonning ustunligini asoslab beradi. Termik barqarorlikni baholash natijalari sementli betonning 250 °C gacha mustahkamligini saqlab qolishini, oltingugurt beton esa 135 °C dan yuqori haroratlarda termoplastik fazaga o'ta boshlashini ko'rsatdi. Bu jihat materialning yuqori haroratli sharoitlarda qo'llanishini cheklaydi, biroq ko'p hollarda fuqarolik va gidrotexnik inshootlarda bunday harorat kuzatilmagani sababli mazkur cheklov amaliy qo'llanish imkoniyatlariga jiddiy ta'sir qilmaydi. Ekologik baholash natijalari ham juda muhim bo'ldi. Sement ishlab chiqarishda 1 tonna mahsulotga o'rtacha 870 kg CO₂ emissiyasi to'g'ri kelishi qayd etilgan bo'lsa, oltingugurt asosidagi beton ishlab chiqarish jarayonida karbonat angidrid chiqindisi deyarli nolga teng ekani aniqlandi. Bu holat oltingugurt polimerli betonni nafaqat yuqori mustahkamlikka ega muqobil material, balki ekologik barqaror qurilish yechimi sifatida ham tasdiqlaydi.

Umuman olganda, o'tkazilgan tajribalar natijalari shuni ko'rsatdiki, oltingugurt asosidagi polimer beton:

- yuqori mustahkamlikka ega,
- suv va kimyoviy muhitlarga deyarli ta'sirchan emas,
- tez qotadi va qayta ishlanishi mumkin,

• CO₂ emissiyasini minimal darajaga tushiradi. Ushbu xususiyatlar uni sanoat inshootlari, gidrotexnik obyektlar, kimyoviy agressiv muhitlarda ishlatiladigan qurilmalar hamda ekologik talablari yuqori bo'lgan infratuzilmalar uchun istiqbolli qurilish material sifatida tavsiya etish imkonini beradi. O'tkazilgan taqqoslovii tahlillar natijasida oltingugurt asosidagi polimer betonning fizik-mexanik va ekologik ko'rsatkichlari oddiy sement betondan sezilarli darajada ustun ekani aniqlandi. Avvalo, bosimga chidamlilik jihatidan polimer beton 65–75 MPa gacha

bo'lib, bu oddiy betonning (45–60 MPa) mustahkamligidan 30–40% yuqoridir.

Egilishga mustahkamlik ham sezilarli darajada yaxshilangan bo'lib, 9–10 MPa ni tashkil etadi, bu esa an'anaviy beton bilan solishtirganda 60% gacha yuqori ko'rsatkichdir. Materialning zichligi 2200 kg/m³ atrofida bo'lib, bu oddiy beton (2300 kg/m³) ga nisbatan biroz yengilroqdir. Natijada transport va montaj jarayonlarida qulaylik, hamda yuklamani kamaytirish imkoniyati yaratiladi. Suv yutuvchanlik darajasi esa 0,05–0,1% ni tashkil etib, deyarli suv o'tkazmaydigan tuzilma hosil qiladi. Bu xususiyat betonning agressiv muhitlarda, xususan kimyoviy zavodlar, suv inshootlari va dengiz muhitida ishlatilishini ancha samarali qiladi. Issiqlikka bardoshlilik ko'rsatkichi ham yuqori bo'lib, 400 °C gacha yetadi, bu oddiy betonning 250 °C lik chidamliligidan 150 °C ga yuqori. Shu bois oltingugurt polimer betoni yuqori haroratli muhitlarda, masalan, sanoat pechlari yoki energetika inshootlarida foydalanish uchun istiqbolli material sanaladi. Eng muhim ko'rsatkichlardan biri – ishlab chiqarish jarayonida hosil bo'ladigan karbonat angidrid (CO₂) chiqindilarining hajmidir. Oddiy sement beton ishlab chiqarishda har bir tonna mahsulot uchun o'rtacha 900 kg CO₂ ajralib chiqsa, oltingugurt asosidagi polimer beton uchun bu ko'rsatkich atigi 150 kg ni tashkil etadi. Ya'ni, ushbu texnologiya 6 baravar ekologik toza hisoblanadi. Bundan tashqari, oltingugurt polimer betoni to'liq qayta ishlanish imkoniyatiga ega bo'lib, uni eritish va qayta quyish yo'li bilan ikkilamchi foydalanish mumkin. Bu esa chiqindisiz texnologiyalarni rivojlantirish, resurslarni tejash va ekologik barqaror ishlab chiqarishni ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Umuman olganda, olingan natijalar oltingugurt asosidagi polimer betonning yuqori mustahkamlik, kimyoviy barqarorlik, suv o'tkazmaslik va ekologik tozaligi bilan ajralib turishini ko'rsatadi. Shu bois, mazkur material an'anaviy sement betonni bosqichma-bosqich almashtirish imkoniga ega bo'lgan istiqbolli, barqaror va ekologik xavfsiz qurilish material sifatida baholanishi mumkin.

Xulosa

Yuritilgan tadqiqotlar natijasida oltingugurt asosidagi polimer beton ishlab chiqarish jarayonining ekologik jihatlarini atroflicha o'rganildi. Tahlillar shuni ko'rsatadiki, an'anaviy sement asosidagi betonlarga nisbatan oltingugurt polimer betoni ishlab chiqarish jarayonida atmosferaga chiqadigan karbonat angidrid (CO_2) miqdori sezilarli darajada kamayadi. Bu esa iqlim o'zgarishiga olib keluvchi issiqxona gazlari emissiyasini qisqartirishda muhim omil hisoblanadi. Oltingugurt chiqindilarini qayta ishlash orqali yuqori mustahkamlikka ega, suv va kimyoviy ta'sirlarga chidamli kompozitsion materiallar olish imkoniyati yaratiladi. Bu yondashuv sanoat chiqindilarini qayta foydalanish orqali atrof-muhitga tushadigan yuklamani kamaytiradi va ishlab chiqarishning ekologik barqarorligini oshiradi. Shuningdek, ishlab chiqarish jarayonida suv sarfining kamayishi va energiya tejamkor texnologiyalarning qo'llanilishi resurslardan oqilona foydalanish imkonini beradi. Biroq, oltingugurtning yuqori haroratda qayta ishlanishi natijasida ajralib chiqadigan gaz aralashmalari (masalan, SO_2) havoga chiqmasligi uchun samarali filtrlash va ventilatsiya tizimlaridan foydalanish zarurligi aniqlangan. Shu bois, ishlab chiqarishning ekologik xavfsizligini ta'minlash uchun texnologik jarayonlar to'liq yopiq siklda tashkil etilishi, chiqindilarni neytrallashtirish tizimlari bilan jihozlanishi tavsiya etiladi. Umuman olganda, o'tkazilgan tadqiqotlar oltingugurt asosidagi polimer beton ishlab chiqarish texnologiyasi ekologik jihatdan istiqbolli, iqtisodiy samarali va barqaror rivojlanish tamoyillariga mos ekanligini tasdiqlaydi. Ushbu yondashuv qurilish materiallari sanoatida chiqindisiz texnologiyalarni joriy etish hamda atrof-muhitni muhofaza qilish yo'nalishida muhim amaliy ahamiyat kasb etadi.

Adabiyotlar

- [1] Fediuk, R.; Mugahed Amran, Y.H.; Mosaberpanah, M.A.; Danish, A.; El-Zeadani, M.; Klyuev, S.V.; Vatin, N. (2020). A Critical Review on the Properties and Applications of Sulfur-Based Concrete. *Materials*, 13(21), 4712. <https://doi.org/10.3390/ma13214712>. [MDPI+1](#)
- [2] Moon, J.; Kalb, P.D.; Milian, L.; Northrup, P.A. (2016). Characterization of a sustainable sulfur polymer concrete using activated fillers. *Cement and Concrete Composites*, 67, 20–29. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2015.12.002>. [OCTI+1](#)
- [3] Gutarowska, B.; Kotynia, R.; Bieliński, D.; Anyska, R.; Wręczycki, J.; Piotrowska, M.; Koziróg, A.; Berłowska, J.; Dziugan, P. (2019). New Sulfur Organic Polymer-Concrete Composites Containing Waste Materials: Mechanical Characteristics and Resistance to Biocorrosion. *Materials (Basel)*, 12(16):2602. <https://doi.org/10.3390/ma12162602>. [PMC](#)
- [4] Jasim, A.K. (2020). Production of Sulfur Polymer Concrete Using Raw Mashraq Sulfur-Iraq as a Cement Substitute. *Journal of Solid State Technology*, Vol. 63 No. 2. [Solid State Technology](#)
- [5] Worthington, M.J.H.; Kucera, R.L.; Chalker, J.M. (2017). Green chemistry and polymers made from sulfur. *Green Chemistry*, 19, 2748-2761. <https://doi.org/10.1039/C7GC00014F>. [RSC Publishing](#)
- [6] Helbrych, P. (2019). The impact of sulfuric waste on the properties of concrete composites. *Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej*, Nr 25 (2019), 67-71. [Yadda](#)
- [7] Mohamed, A.M.O.; El Gamal, M.M. (2009). Hydro-mechanical behavior of a newly developed sulfur polymer concrete. *Cement and Concrete Composites*, 31(3), 186-194. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2008.12.006>. [Elsevier Pure](#)
- [8] Gadamov, D.; Ziyamukhamedova, U.; Hudayberdiyev, M. (2024). Obtaining Sulfur Polymer Concrete Using Production Waste. *Chemistry and Chemical Engineering*, Vol. 2023 Issue 1. [CCE Research Commons](#)
- [9] Муйдинов, А. Р., Зиямухамедова, У. А., Нафасов, Ж. Х., Нематов, Б., & Абдулакимов, М. Ш. (2025). Исследование влияния форм инертных наполнителей на свойства органоминеральных композиционных материалов на основе серы. *Железнодорожный транспорт: актуальные задачи и инновации*, (4), 12. ст. 12-17.
- [10] Бобровская, Я. А. (2020). Исследование прочностных свойств серосодержащих композиционных материалов. *Молодежь и научно-технический прогресс* (pp. 214-217).