

ISSN 2091-5527
№ 4/2025

Ўзбекистон

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал
Композиционные материалы

MODIFIKATSIYALANGAN KARBAMIDO-FORMALDEGID OLIGOMERI VA FOSFOGIPS ASOSIDAGI KOMPOZITSION MATERIALLARNING FIZIK-KIMYOVIY, MEXANIK VA EKSPLOATATSION XOSSALARI

Mirzaraximov A.A., Komilov Q.O., Kurbanova A.Dj., Muxamedov G'.I.

Chirchiq davlat pedagogika universiteti, gkomil65@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada modifikatsiyalangan karbamido-formaldegid oligomeri (KFO) va fosfogips asosida olingan kompozitsion materiallarning fizik-kimyoviy, mexanik va ekspluatatsion xossalari o'rganilgan. Materiallar tarkibiga polimer komponenti sifatida karbamid-formaldegid oligomeri, plomba sifatida esa sanoat chiqindisi hisoblangan fosfogips kiritildi. Komplekslarning struktura va xossalari IQ spektarlari, FTIR, SEM, TGA tahlillari asosida baholandi. Mexanik tahlillar bosimga chidamlilik va zichlikka asoslandi. Natijalar materiallarning mustahkamligi va gidrobarqarorligini oshirish imkonini berdi. Ular qurilish, tuproq melioratsiyasi va ekologik texnologiyalarda qo'llanilishi mumkin.

Kalit so'zlar: kompozitsion materiallar, karbamido-formaldegid oligomeri, fosfogips, fizik-kimyoviy xossalar, termobarqarorlik.

Kirish. So'nggi yillarda sanoat chiqindilaridan samarali foydalanish orqali ekologik toza, iqtisodiy jihatdan foydali va ko'p funktsiyali materiallar yaratishga bo'lgan talab ortib bormoqda. Ayniqsa, mineral o'g'itlar ishlab chiqarish natijasida katta miqdorda hosil bo'ladigan fosfogips chiqindisining qayta ishlanishi ekologik va iqtisodiy muammo bo'lib qolmoqda. Statistika ma'lumotlariga ko'ra, har yili dunyo bo'yicha 150 million tonnadan ortiq fosfogips chiqindisi hosil bo'ladi [1].

Fosfogips – kimyoviy tarkibi bo'yicha asosan kalsiy sulfat dihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) bo'lib, uni qurilish materiallari, melioratsiya, yo'l qurilishi va ekologik muhofaza sohaslarida plomba yoki mustahkamlovchi komponent sifatida foydalanish mumkin [4; 6].

Boshqa tomondan, karbamido-formaldegid oligomerlari (KFO) – aminoplastlar guruhiga kiruvchi polimerlar bo'lib, ular yuqori reaktivlik, arzonlik, oson sintezlanish va yaxshi yelimlovchi xossalari bilan ajralib turadi. Modifikatsiyalangan KFOlar, ayniqsa, lignosulfonatlar, organik kislotalar yoki tabiiy polimerlar bilan birlashtirilganda, strukturaviy barqarorlik va gidrorezistentlikni sezilarli darajada oshirishi mumkin [2; 5].

Kompozitsion materiallar sohasida olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, turli xil plomba va matritsa o'rtasidagi kimyoviy va fizikaviy o'zaro ta'sirlar yakuniy mahsulotning xossalari sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Masalan, Dubin va hamkorlari [3] polikarbon kislotalar va polieterlar o'rtasidagi interpolymer kompleks hosil bo'lishi mexanizmini o'rgangan va bu orqali yuqori mustahkamlikka erishish mumkinligini isbotlagan.

Mahalliy olimlar ham ushbu yo'nalishda sezilarli ishlarni amalga oshirishgan. Jumladan, Yo'ldoshev M.S. [7] fosfogips asosida shoklanishga qarshi kurashuvchi aralashmalar yaratish bo'yicha tadqiqotlar olib borgan, Sagdullayev N.A. [6] esa fosfogips va polimer

asosidagi modifikatsiyalangan materiallarning gidrobarqarorligi haqida ma'lumot bergan.

Shu munosabat bilan ushbu tadqiqotning maqsadi - modifikatsiyalangan karbamido-formaldegid oligomeri va fosfogips asosida yangi kompozitsion materiallar yaratish hamda ularning fizik-kimyoviy, mexanik va ekspluatatsion xossalarini chuqur o'rganishdan iborat.

Metodlar. Tadqiqot obyekti sifatida fosfogips, karbamido-formaldegid oligomeri (KFO) va uning modifikatsiyalangan shakllari tanlab olindi. Fosfogips O'zbekistonning "Samarqand-Kimyoo" OAU va "Olmaliq-Maksam" OAU ishlab chiqarish hududidan olinib, quritildi va elakdan o'tkazildi (0,063 mm gacha). KFO laboratoriya sharoitida formalin (37%) va texnik karbamid (99%) asosida sintez qilindi. Oligomerning modifikatsiyasi uchun stearat kislotasi, lignosulfonat va natriy karboksimetilsellyuloza (Na-KMS) ishlatildi.

Bu komponentlar orasidagi o'zaro ta'sirlar oldindan interpolymer komplekslashuv asosida tanlangan bo'lib, avvalgi tadqiqotlarda bu orqali mexanik va gidrobarqarorlik xossalarini oshirish mumkinligi ko'rsatilgan [2,10].

Kompozitsion namunalar quyidagi bosqichlarda tayyorlandi:

1. Modifikatsiyalangan KFO sintezi: Formalin va karbamid molyar nisbati 1:1,8 bo'yicha 60–70°C da 1 soat davomida qizdirildi. So'ngra modifikatorlar (Na-KMS, lignosulfonat) 2–5% massada qo'shib, 30 daqiqa aralashtirildi.

2. Fosfogips bilan aralashtirish: Tayyorlangan modifikatsiyalangan KFO 15–25% miqdorda fosfogipsga qo'shib, intensiv aralashtirildi va namunalar presslab shakllantirildi. Shakllantirish bosimi 5 MPa, quritish harorati 105°C atrofida bo'ldi.

3. Namunalarni sinovga tayyorlash: Tayyor mahsulotlar 7 kunlik tabiiy sharoitda qotirilgach, GOST 12730.1–78 va GOST 10180–2012 standartlariga asosan fizik-mexanik sinovlarga tayyorlandi.

Tadqiqot usullari. Fizik-kimyoviy tahlil: XRD (rentgen faza tahlili): PANalytical X'Pert PRO difraktometriyasi yordamida fazaviy tarkib aniqlandi. IQ (infraqizil spektrlari): IRTracer-100 (Shimadzu) uskunasida molekulyar bog'lar o'rganildi [9]. TG/DTA (termogravimetrik tahlil): NETZSCH STA 449 uskunasida issiqlik barqarorligi baholandi [3].

Mexanik xossalar: Bosimga chidamlilik: GOST 310.4–81 asosida universal press yordamida o'Ichandi. Egiluvchanlik: GOST 24452–80 talablariga muvofiq, o'rnatilgan egiluvchanlik jixozlarida aniqlandi. Suv singdirish darajasi: GOST 12730.3–78 bo'yicha 24 soat davomida suvda ushlab sinovdan o'tkazildi.

Ekspluatatsion tahlillar: Hidrobarqarorlik: namunalarni 3, 7 va 28 kunlik suv muhitida ushlab, massaning o'zgarishi baholandi. Sulfatga chidamlilik: Na₂SO₄ eritmasida sinovlar o'tkazildi (GOST 31358–2007). Biologik barqarorlik: Mikromitsit zamburug'lar (*Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*) ta'sirida 14 kunlik tajribalar olib borildi [8].

Statistik va matematik tahlil. Barcha tajriba natijalari triplikat (3 martalik takror) asosida olib borildi va ANOVA statistik usuli bilan tahlil qilindi. Farqlar ishonchliligi $p < 0.05$ darajasida baholandi.

Natijalar. Fizik-kimyoviy tahlil natijalari. XRD (rentgen faza tahlili) natijalariga ko'ra, fosfogipsning asosiy kristall fazasi — kalsiy sulfat dihidrat (CaSO₄·2H₂O) ekani tasdiqlandi. Modifikatsiyalangan KFO bilan ishlov berilgan namunalar tarkibida esa qisman gipsning anhidrit fazasi (CaSO₄) hosil bo'lishi kuzatildi, bu esa gidrofil xossalarning kamayishi va gidrobarqarorlikning ortishiga olib kelgan. IQ spektrlari esa 3300–3500 sm⁻¹ oralig'ida –OH guruhlarining pasayishini, 1650 sm⁻¹ atrofida esa C=O bog'larining kuchayishini ko'rsatdi, bu oligomer va fosfogips orasida vodorod bog'lari yuzaga kelganidan dalolat beradi.

Termogravimetrik tahlillar (TG/DTA) shuni ko'rsatdiki, modifikatsiyalangan namunalar 200–300°C gacha nisbatan barqaror haroratga ega bo'lib, massaning asosiy yo'qolishi 130°C da boshlanadi (gipsdagi kristall suvning yo'qolishi). Oddiy (modifikatsiyalanmagan) namunalar bilan solishtirganda, modifikatsiyalangan KFO ishlatilgan kompozitlarda issiqlik barqarorligi ~10–12% ga oshgan.

Mexanik xossalar. Bosimga chidamlilik ko'rsatkichlari namunalar tarkibiga qarab sezilarli darajada farqlandi (1-jadval). Oddiy fosfogips asosida tayyorlangan namunalarda bosimga chidamlilik 4,8 MPa ni tashkil qilgan bo'lsa, modifikatsiyalangan KFO bilan 20% ulushda boyitilgan kompozitsiyalarda bu ko'rsatkich 7,3

MPa gacha oshdi. Bu esa ~52% mustahkamlikning oshganini anglatadi.

Egiluvchanlik ko'rsatkichlari ham sezilarli darajada yaxshilandi: lignosulfonat va Na-KMS bilan modifikatsiyalangan KFO tarkibli namunalar o'rtacha 22–25% ko'proq elastiklik namoyon etdi. Suv singdirish darajasi esa 24 soatdan so'ng 18–22% dan 12–14% gacha kamaydi, bu esa suvga chidamlilikning oshganidan dalolat beradi.

1-jadval.

Bosimga chidamlilik ko'rsatkichlari (MPa)

Namuna kodi	KFO %	Bosimga chidamlilik	Suv singdirish (%)
F1 (nazorat)	0%	4,8	22,1
F2 (mod. KFO)	15%	6,5	15,3
F3 (mod. KFO + Na-KMS)	20%	7,3	12,4

Ekspluatatsion (ishlash) xossalari. Hidrobarqarorlik bo'yicha olib borilgan 28 kunlik sinovlar shuni ko'rsatdiki, modifikatsiyalangan kompozitsion materiallar suv muhitida shaklini va mustahkamligini deyarli yo'qotmagan (yo'qotish < 8%). Nazorat namunalari esa bu ko'rsatkich 17–19% gacha bo'lgan.

Sulfatga chidamlilik sinovlari (Na₂SO₄ eritmasida) 14 kunlik ta'sirda KFO bilan boyitilgan kompozitsiyalarda 9–11% mustahkamlik pasayishini ko'rsatgan bo'lsa, oddiy fosfogipsda bu ko'rsatkich 20% dan oshgan. Demak, modifikatsiya sulfat ionlariga nisbatan ham barqarorlikni ta'minlagan.

Biologik chidamlilik bo'yicha olib borilgan mikologik sinovlar (*Aspergillus niger* va *Penicillium chrysogenum* qo'ziqorinlari ta'sirida) modifikatsiyalangan kompozitsiyalarning zararlanish darajasi sezilarli darajada past bo'lganini aniqladi (zararlanish balining pasayishi: 3,8 → 1,5).

Natijalarni umumlashtirish. Tadqiqot natijalariga ko'ra, quyidagi xulosalarga kelindi:

- Fosfogips va modifikatsiyalangan KFO asosida yaratilgan kompozitsion materiallar yuqori fizik-kimyoviy va mexanik barqarorlik ko'rsatkichlariga ega;
- Na-KMS va lignosulfonatli modifikatsiyalar interpolymer komplekslar shakllanishiga sabab bo'lib, mustahkamlik va gidrofoblikni sezilarli darajada oshirgan;
- Ekologik xavfsiz, chiqindiga asoslangan samarali material yaratish imkoniyati mavjud.

Bu natijalar ilgari o'tkazilgan xorijiy va MDH olimlarining tadqiqotlari [2,6] bilan muvofiqlikda bo'lib, amaliy qo'llash imkoniyatlarini yanada kengaytiradi.

Muhokama. Tadqiqot natijalari modifikatsiyalangan karbamido-formaldegid oligomeri (KFO) va fosfogips asosida yaratilgan kompozitsion materiallarning fizik-kimyoviy, mexanik va ekspluatatsion xossalari sezilarli darajada yaxshilash mumkinligini ko'rsatdi. Bu natijalarni chuqur tahlil qilish quyidagi asosiy ilmiy jihatlarni aniqlashga imkon berdi.

KFO va fosfogips o'rtasidagi kimyoviy o'zaro ta'sirlar. IQ spektiri va XRD ma'lumotlariga ko'ra, KFO tarkibidagi faol funksional guruhlar ($-NH_2$, $-OH$, $-CH_2OH$) fosfogips yuzasidagi kalsiy ionlari bilan murakkab bog'lar hosil qilgani kuzatildi. Bu bog'lanishlar interpolimer kompleks shakllanishiga olib kelgan bo'lib, u materialning ichki tuzilmasida mustahkamlik va barqarorlikni oshirgan. Xususan, Na-KMS va lignosulfonat qo'shilishi orqali suv bilan reaksiyaga kirishuvchi guruhlarining kamayishi natijasida gidrofoblik ortgan.

Shunga o'xshash holatlar Sperling [2] tomonidan polimerlararo komplekslar mexanizmini tahlil qilishda qayd etilgan bo'lib, u interpolimer kooperatsiyaning mexanik va kimyoviy xossalarga qanday ta'sir qilishini asoslab bergan.

Mexanik xossalarning yaxshilanish sabablari. Bosimga chidamlilik va egiluvchanlikning sezilarli oshganligi KFO molekularining fosfogips zarralari orasini to'ldirib, zichroq struktura hosil qilishi bilan izohlanadi. Na-KMS esa plastifikator va bog'lovchi vosita sifatida harakat qilib, mexanik yuklamalarni bir tekisda taqsimlashni ta'minlagan. Bu holat GOST 10180–2012 va 12730.3–78 standartlariga muvofiq o'tkazilgan sinovlar bilan tasdiqlandi.

Xuddi shunga o'xshash mexanik kuchlanishlarga chidamli gips asosli kompozitlar Polsha olimlari Knapczyk va Wojciechowski tomonidan ham tavsiya etilgan bo'lib, ular lignin asosidagi bog'lovchilarning bosimga chidamlilikni oshirishdagi rolini ko'rsatgan.

Gidrobarqarorlik va ekspluatatsion xossalarning ahamiyati. Gidrobarqarorlik va suv singdirishning kamayishi modifikatsiyalangan KFO ning strukturaviy zichlikni oshirishi va gidrofil guruhlarni cheklashi bilan bog'liq. Bu natijalar Nazarova G.Sh. (2022) tomonidan O'zbekiston sharoitida qurilish chiqindilari asosida yaratilgan kompozitsiyalarda ham kuzatilgan.

Sulfatga chidamlilik va biologik barqarorlik esa ushbu kompozitsion materiallarning agressiv

muhitlarda ishlatilish imkoniyatini tasdiqlaydi. Ayniqsa, zamburug'larga nisbatan chidamli bo'lishi ularni nam va qisman ochiq muhitda qurilish materiallari sifatida qo'llash imkonini beradi.

Tadqiqot shuni ko'rsatdiki, fosfogips – bu qayta ishlanmagan, sanoat chiqindisi bo'lishiga qaramay, modifikatsiyalangan KFO bilan birgalikda sifatli va ekologik xavfsiz kompozitsion materiallarga asos bo'la oladi. Bu, o'z navbatida, sanoat chiqindilarini qayta ishlash va ularni iqtisodiy jihatdan foydali mahsulotga aylantirish imkonini beradi.

Mahalliy olimlardan Yusupov Sh.T. (2020) va Xamdamova D.X. (2019) lar ham ushbu yo'nalishda tadqiqot olib borib, fosfogips va sellyuloza modifikatorlari asosida olingan qurilish materiallarining amaliy samaradorligini tasdiqlaganlar.

Xulosa. Ushbu tadqiqot doirasida fosfogips asosidagi kompozitsion materiallarga modifikatsiyalangan karbamido-formaldegid oligomeri (KFO) va qo'shimcha stabilizatorlar (natriy-karboksimetilsellyuloza, lignosulfonat) qo'shilishi orqali ularning fizik-kimyoviy, mexanik va ekspluatatsion xossalari yaxshilash imkoniyati o'rganildi. Olingan natijalarga asoslanib quyidagi xulosalarga kelindi:

Modifikatsiyalangan KFO fosfogips bilan o'zaro ta'sirlashib, strukturaviy birikmalar hosil qiladi, bu esa materialning zichligi, barqarorligi va mexanik mustahkamligini oshiradi.

Suv singdirish darajasi modifikatsiya darajasiga qarab 22% dan 12% gacha kamaydi, bu esa gidrofoblik xossaning oshganligini ko'rsatadi.

Bosimga chidamlilik 4,8 MPa dan 7,3 MPa gacha oshgani natijasida, kompozitsiyalar yuklama ostida bardoshliroq bo'ldi.

Sulfat va biologik faol muhitlarga nisbatan chidamlilik ortib, modifikatsiyalangan materiallar agressiv muhitda uzoq muddat xizmat qilishga mos ekanligi tasdiqlandi.

Taklif etilgan kompozitsiyalar qurilishda, ayniqsa ekologik toza va arzon materiallar talab etiladigan hududlarda samarali foydalanish uchun tavsiya etiladi.

Shuningdek, ushbu texnologiya sanoat chiqindilarini qayta ishlash orqali ekologik muvozanatni saqlash va iqtisodiy samaradorlikni ta'minlash imkoniyatini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Tayibi, H., Choura, M., Fares, M., & López, F. Phosphogypsum waste as a resource for sustainable construction materials// *Journal of Hazardous Materials*, 2009, 167(1–3), 265–269.
2. Sperling, L. H. *Introduction to Physical Polymer Science*. Wiley-Interscience. 2006.
3. Dubin, P. L., et al. Interpolymer complexation of polycarboxylic acids and poly(ethylene oxide). *Macromolecules*, 1990, 23(10), 2505–2510.
4. Гиренко Н.П., Жуков В.А., Павлов А.В. (). Исследование физико-механических свойств фосфогипсовых композиционных вяжущих// *Строительные материалы*, 2019, №4, С.12–15.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Химия и физикохимия композиционных материалов и нанокompозитов

Хурсанов А.Х., Негматов Ж.Н., Курбонов У.М., Негматова К.С., Негматов С.С., Абед Н.С., Икрамова М.Э., Рахимов Х.Ю. Исследование и разработка эффективных составов композиционных химических флотореагентов-вспенивателей на основе органо-неорганических ингредиентов для применения в процессе флотации цветных и благородных руд	3
Абед Ф.Ж. Разработка методов качественного и количественного анализа действующих веществ фотоплёнок на основе жидкого экстракта Алоэ и метилурацила	9
Самандаров Х.О., Вапаев М.Д., Собиров Ж.С., Ибадуллаев А.С., Тешабаева Э.У. Эластомерная композиция наполненных кизилгия Ангреноского месторождения для машиностроения	13
Алиева М.Т., Ихтиярова Г.А., Ганибекова М.Ф. Органобентониты на основе хитозана <i>Apis Mellifera</i> для сорбции ионов переходных металлов	17
Содикова М.А., Шомуротов Ш.А., Каримов А. Полимерные композиты на основе фиброина шелка и полиальдегиддекстрана	21
Шакарова Д.Ш. Оптимальный процесс синтеза гибридного нанокompозитного фиброин/кремнеземного адсорбента с применением золь-гель технологии	25
Parpiyeva D.A., Doliyev G'.A., Mamajanov S.B. Mahalliy xomashyolar asosida olingan surkov kompozitning fizik-kimyoviy tahlili	28
Mardonqulov Sh.O'., Karimov K.A., Turaxodjayev N.J., Turahujayeva Sh.N. Eritmadagi alyuminiy oksidi konsentratsiyasining haroratga bog'liqligini eksponensial modellashtirish	32
Абдуллаева Г.А. Синтез, структурная характеристика комплексов кадмия(II) на основе 2-меркаптобензотиазола	34

2. Физико-механика и трибология композиционных материалов

Негматов С.С., Абед Н.С., Намозов С.С., Саидкулов С.А., Жовлиев Ш.Х., Негматова К.С., Султанов С.У., Негматов Ж.Н. Исследование коррозионностойкости и физико-механических свойств ненаполненных полимерных материалов и покрытий из них для применения в машинах, механизмах и оборудовании скважин нефтегазовой и металлургической промышленности	39
Мардонакулов Ш.У., Каримов К.А., Турахужаева Ш.Н., Махмудов Ф.М., Носирходжаев И.А., Тураходжаев Н.Д. Флюсы, применяемые для снижения окисления при плавке алюминиевых сплавов	42
Mirzaraximov A.A., Komilov Q.O'., Kurbanova A.Dj., Muxamedov G'.I. Modifikatsiyalangan karbamido-formaldegid oligomeri va fosfogips asosidagi kompozitsion materiallarning fizik-kimyoviy, mexanik va ekspluatatsion xossalari	44
Негматов С.С., Холматов Э.А., Абед Н.С., Негматов Ж.Н., Косимов Ш.Б., Халимжанов Т.С. Исследование физико-механических свойств физически модифицированных композиционных терморезистивных полимерных материалов и покрытий на их основе	47
Мухамедов А.А., Гузашвили К.В., Инагамов У.Ш. Практические возможности получения термодиффузионных слоев хрома	51
Turakhujaeva Sh.N., Sharipov K.A., Mardonakulov Sh.U., Karimov K.A., Turakhujaeva A.N. The effect of modifiers on the melt during the smelting of aluminum alloys in gas furnaces	54
Хасанов С.М., Ўнгбоев А.М. Окисление конструкционных обрабатываемых материалов при их намагничивании	55
Бекмурзаев Н.Х. Кинетика формирования борированного покрытия на поверхности стальной отливки ...	58
Казаков А.С., Исмадова Р.А., Амонов М.Р., Полатов Б.Б. Изучение физико-механических показателей хлопчатобумажной пряжи, ошлихтованной полимерными композициями	62
Каршиев М., Файзиев М.М. Исследование объёмного износа деталей почвообрабатывающих сельскохозяйственных машин, полученных газопламенным напылением с последующим оплавлением ...	65