(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

UO‘K: 678.743

10.70769/3030-3214.SRT.4.3-1.2026.18

© 2026 Authors. Licensed under CC BY 4.0
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

“UZBEKISTAN GTL” MCHJ TEXNOLOGIK CHIQINDILARINI POLIOLEFINLAR UCHUN QO‘SHIMCHA SIFATIDA QO‘LLASH



Lutfullaev Sa’dulla Shukurovich

Texnika fanlari nomzodi, professor, Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston
E-mail: lutfullayevsadulla0@gmail.com
ORCID ID: 0009-0001-0124-7625
Science ID: FQD-0326-0058



Ismatov Baxtiyor Axmad o‘g‘li

Mustaqil tadqiqotchi, Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston
E-mail: mrbakhtiyori@gmail.com
ORCID ID: 0009-0003-4421-3235
Science ID: MQD-0225-0039



Raxmatov Maxmud Ismatovich

Texnika fanlari nomzodi, dotsent, Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston
E-mail: mahmudrahmatov76@gmail.com
ORCID ID: 0009-0008-0759-9841
Science ID: FQD-0426-0107

Annotatsiya. *Maqolada sanoat chiqindisi asosidagi to‘ldirilgan polimer kompozitlarda coupling agent (moslashtiruvchi qo‘shimcha) va processing aid (qayta ishlashni yengillashtiruvchi qo‘shimcha) muvozanati bo‘yicha adabiyotlar tahlil qilinadi va ushbu tajribaning “Uzbekistan GTL” MChJ ikkilamchi materiallari (mineral fraksiya va FT-wax) uchun qo‘llanilishi tekshiriladigan gipotezalar shaklida bayon etiladi. Tahlil Arjmandi va boshq. (2015)ning guruch qobig‘i bilan to‘ldirilgan polimerlar bo‘yicha sharhiga, Sarkar va boshq. (2008)ning Fischer–Tropsch sintezidagi temir katalizatorini tavsiflash ishiga, shuningdek dielektrik (Tuhkala va boshq., 2015) va akustik (Rus va boshq., 2017) qo‘llanilishdagi to‘ldirgichlar bo‘yicha ishlarga tayanadi. HDPE/guruch qobig‘i tizimida coupling agent mustahkamlikni oshirgan, lekin ekstruziya tezligini pasaytirgan; processing aid esa tezlikni oshirgan, ammo mustahkamlik va suv bardoshligini kamaytirgan; optimal nisbat 0,73 : 0,59 bo‘lgan. Shu tajriba asosida UzGTL tizimi uchun bitta qo‘llanilish sharti (H0) va to‘rtta tekshiriladigan gipoteza (H1–H4) shakllantirildi. Maqolada yangi eksperimental natija yo‘q; keltirilgan qiymatlar boshqa mualliflar ishidan olingan va UzGTL materiallariga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ko‘chirilmaydi.*

Kalit so‘zlar: *koupling agent, processing aid, FT-wax, mineral fraksiya, guruch qobig‘i, poliolefin, PVX, UzGTL, chiqindi to‘ldirgich.*

Received: 02.10.2026 | Accepted: 07.10.2026 | Issue publication: 10.10.2026

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ООО «UZBEKISTAN GTL» В КАЧЕСТВЕ ДОБАВКИ ДЛЯ ПОЛИОЛЕФИНОВ

Лутфуллаев Саъдулла Шукурович

Кандидат технических наук, профессор, Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан

Исматов Бахтиёр Ахмад угли

Независимый исследователь, Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан

Рахматов Махмуд Исматович

Кандидат технических наук, доцент, Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан

Аннотация. *В статье анализируется литература о соотношении compatibilizer (coupling agent) и технологической добавки (processing aid) в полимерных композитах с наполнителями из промышленных отходов, а возможность применения полученных данных к вторичным материалам ООО «Uzbekistan GTL» (минеральной фракции и FT-wax) изложена в виде проверяемых гипотез. Анализ основан на обзоре Arjmandi и соавт. (2015), посвящённом полимерам, наполненным рисовой шелухой, работе Sarkar и соавт. (2008) по характеризации железного катализатора синтеза Фишера—Тропша, а также исследованиях наполнителей для диэлектрических (Tuhkala и соавт., 2015) и акустических (Rus и соавт., 2017) применений. В системе HDPE/рисовая шелуха coupling agent повышал прочность, но снижал скорость экструзии; processing aid повышал скорость экструзии, однако снижал прочность и водостойкость. Оптимальным было соотношение 0,73 : 0,59. На этой основе для системы UzGTL сформулированы одно условие применимости (H_0) и четыре проверяемые гипотезы (H_1—H_4). Статья не содержит новых экспериментальных данных; приведённые значения взяты из работ других авторов и не могут быть непосредственно перенесены на материалы UzGTL.*
Ключевые слова: *coupling agent, processing aid, FT-wax, минеральная фракция, рисовая шелуха, полиолефины, ПВХ, UzGTL, наполнитель из отходов.*

USE OF TECHNOLOGICAL WASTE OF “UZBEKISTAN GTL” LLC AS AN ADDITIVE FOR POLYOLEFINS

Lutfullaev Sadulla Shukurovich
Candidate of Technical Sciences, Professor, Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Ismatov Bakhtiyor Akhmad ugli
Independent Researcher, Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Rakhmatov Makhmud Ismatovich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Abstract. *The article reviews the balance between coupling agents and processing aids in polymer composites filled with industrial-waste fillers, and formulates the transfer of this experience to the secondary materials of “Uzbekistan GTL” LLC (mineral fraction and FT-wax) as testable hypotheses. The analysis is based on the review of rice-husk-filled polymers by Arjmandi et al. (2015), the characterization of a Fischer–Tropsch iron catalyst by Sarkar et al. (2008), and studies on fillers for dielectric (Tuhkala et al., 2015) and acoustic (Rus et al., 2017) applications. In HDPE/rice husk systems, the coupling agent increased strength but reduced extrusion rate, whereas the processing aid increased the rate but reduced strength and water resistance; the reported optimum ratio was 0.73 : 0.59. On this basis, one applicability condition (H0) and four testable hypotheses (H1–H4) were formulated for the UzGTL system. The article presents no new experimental data; the values cited come from other authors and are not transferred directly to UzGTL materials.*
Keywords: *coupling agent, processing aid, FT-wax, mineral fraction, rice husk, polyolefins, PVC, UzGTL, waste filler.*

Kirish. Avvalgi chop etilgan ilmiy maqolalarda [1] “Uzbekistan GTL” MChJ texnologik chiqindilarini mineral fraksiya va uglevodorodli fraksiya (FT-wax)ga ajratish taklif etilgan; ularni tavsiflash va kompozitlarni sinash protokoli esa alohida tayyorlanmoqda. Bu yondashuvda fraksiyalar asosan alohida ko‘rilgan. Amalda esa to‘ldirgich, wax va moslashtiruvchi qo‘shimcha bitta suyuqlanma ichida uchrashadi va ularning ta’siri bir-biriga bog‘liq bo‘ladi.

Bu bog‘liqlik guruch qobig‘i (RH) bilan to‘ldirilgan polimerlarda yaxshi hujjatlashtirilgan: coupling agent to‘ldirgich–matritsa adgeziyasini yaxshilab mustahkamlikni oshiradi, lekin ekstruziya tezligini pasaytiradi; processing aid tezlikni tiklaydi, ammo mustahkamlik va suv bardoshligini kamaytirishi mumkin [2, 8, 9]. Arjmandi va boshq. sharhining xulosasiga ko‘ra, hozirgacha RH bilan to‘ldirilgan kompozitlarda matritsa sifatida asosan bitta polimer ishlatilgan, polimer aralashmalari va

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

ikkilamchi to‘ldirgichlar kam o‘rganilgan [2].

Guruch qobig‘i va kuli. Guruch qobig‘i guruch tozalashda ajralib chiqadigan arzon yon mahsulot bo‘lib, har bir tonna guruchga taxminan 0,23 t qobiq to‘g‘ri keladi [2]. U lignotsellyulozali material: tsellyuloza 25–35%, gemitsellyuloza 18–21%, lignin 26–31%, kremnezyom (SiO_2) 15–17%, namlik 5–10% [2]. Qobiq ochiq havoda yondirilganda ikki xil kul hosil qiladi: oq (WRHA) va qora (BRHA). Ularning tarkibi keskin farq qiladi (1-jadval): oq kulda SiO_2 92,2%, qora kulda 53,9%, qizdirishdagi yo‘qotish (LOI) esa mos ravishda 1,62% va 44,48% [2].

1-jadval

Guruch qobig‘i va uning kuli hamda UzGTL mineral fraksiyasi uchun aniqlanishi kerak bo‘lgan ko‘rsatkichlar

Ko‘rsatkich	RH	WRHA	BRHA	UzGTL mineral fraksiyasi
SiO_2, %	15–17	92,2	53,9	XRF (eritilgan tabletka)
Al_2O_3, %	—	0,025	0,023	XRF
CaO, %	—	0,360	0,120	XRF
Fe_2O_3, %	—	0,041	0,022	XRF (temirli fazalar uchun XRD ham)
K_2O, %	—	0,690	0,950	XRF
LOI, %	—	1,62	44,48	LOI (950–1000 °C)
Zarracha o‘lchami, μm	26,64	6,60	19,50	PSD (lazer difraksiyasi)
Solishtirma sirt, m^2/g	0,92	1,40	26,80	BET
Zichlik, g/sm^3	1,00	2,20	1,80	Geliy piknometriyasi

Izoh: *sharh matnida oq kulda “taxminan 95 % silika” deyilgan, jadvalda esa 92,2 %; bu maqolada jadval qiymati olindi.*

Bu jadvaldan ikki xulosa chiqadi. Birinchidan, bir xil chiqindidan termik ishlov sharoitiga qarab mutlaqo boshqa to‘ldirgich olinadi: qora kulda ko‘p uglerod bor, solishtirma sirt esa 19 barobar katta (26,80 va 1,40 m^2/g). Bu UzGTL ikkilamchi oqimini ham xuddi shunday, kelib chiqishi va termik tarixi bilan birga tavsiflash zarurligini ko‘rsatadi. Ikkinchidan, RH kulidan olingan silika tijorat silikaga nisbatan mayda (4,27 va 6,61 μm), lekin solishtirma sirti ancha kichik (131,35 va 511,97 m^2/g) va zichroq (0,677 va 0,319 g/sm^3); shu sababli LDPE plyonkasida antiblok sifatida 2000–3000 ppm kerak bo‘lgan, tijorat silika uchun esa 500–1500 ppm yetgan [2]. Demak, zarracha o‘lchamining o‘zi yetarli emas, PSD va BET birga o‘lchanishi kerak, bu rejalashtirilgan tavsiflash protokolidagi yondashuvga mos keladi.

UzGTL mineral fraksiyasi bilan o‘xshashlik va farq:

- **O‘xshashlik:** agar mineral fraksiya silikat yoki oksid asosli bo‘lsa, uning sirti ham qutbli (gidroksil guruhlari bor) va qutbsiz poliolefin bilan adgeziyasi kuchsiz bo‘lishi kutiladi. RH kompozitlarida shunday muammo kuzatilgan: qutbli to‘ldirgich va qutbsiz matritsa orasida bo‘shliqlar paydo bo‘ladi va zarrachalar aglomeratlanadi [2, 17].

- **Farq:** RH organik (lignotsellyuloza, namlik 5–10 %), UzGTL fraksiyasi esa noorganik bo‘lishi mumkin. Shuning uchun tolaning nisbati (aspekt koeffitsienti) bilan bog‘liq effektlar, masalan Ismail va boshq. WRHA modulini oshishini uning yuqori aspekt nisbatiga bog‘lagan [11], UzGTL uchun ko‘chirilmaydi.

- **Noma’lum:** UzGTL fraksiyasida Al_2O_3, temir oksidlari yoki katalizator qoldiqlari bo‘lishi mumkin (4-bo‘lim). Analogiya faqat XRF/XRD natijalari SiO2-ning ustunligini ko‘rsatsa qo‘llanadi (H0 sharti, 5-bo‘lim).

Boshqa sohalar: dielektrik va akustik qo‘llanilish. Sarlavhadagi “kompleks xossalar” faqat mexanik xossalarni bildirmaydi. Tuhkala va boshq. polimer–keramika kompozitlarida to‘ldirgichni tanlash uchun aralashtirish qoidalarini qo‘llagan [4]. Looyenga formulasi effektiv dielektrik singdiruvchanlikni to‘ldirgichning hajmiy ulushi f orqali beradi:

$$\varepsilon_{eff}^{1/3} = (1-f)\cdot\varepsilon_m^{1/3} + f\cdot\varepsilon_f^{1/3} \quad (1)$$

bunda ε_m va ε_f — matritsa va to‘ldirgichning singdiruvchanligi [4]. Ishdagi kirish qiymatlari (PTFE matritsa 2,1; SiO_2 3,9) bilan f = 0,55 da $\varepsilon_{eff} \approx$ 3,0 chiqadi va bu ishdagi natijaga mos keladi; f = 0,30 da ≈ 2,56. Bu UzGTL ma’lumoti emas, faqat formula ishlashining namunasi. Ishdan uch tajriba xulosasi muhim: (a) past singdiruvchanlikli to‘ldirgich (SiO_2) ε_{eff} = 3 da Al2O3-ga nisbatan ancha kichik dielektrik yo‘qotish bergan ($2{,}5\cdot10^{-4}$ va $1{,}2\cdot10^{-3}$), garchi kattaroq ulush (0,55 va 0,19) talab qilgan bo‘lsa ham; (b) juda yuqori ulush moslashuvchanlik va chidamlilikni yomonlashtirishi mumkin; (c) kukun to‘ldirgichning xossalari namlik yutilishi va qo‘shimchalar tufayli sezilarli o‘zgaradi [4]. Oxirgi xulosa UzGTL fraksiyasini quritilgan holda saqlash

va tavsiflash zarurligini tasdiqlaydi.

Rus va boshq. yog‘och kukuni va chiqindi shina rezinasidan iborat gibrid to‘ldirgichni (2,5–10 mas. %) chiqindi pishirish yog‘idan olingan bio-polimer ko‘pikka qo‘shib, ovoz yutish koeffitsientini 0,963 gacha yetkazgan [5]. Bu tizim (poliuretan ko‘pik) poliolefin kompozitiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘xshamaydi; u faqat chiqindi to‘ldirgichlar mexanikadan tashqari funksional xossalar uchun ham ishlatilishi mumkinligini ko‘rsatadi.

Coupling agent va processing aid tajribasi (pe, pp, pvx). HDPE/guruch qobig‘i. Panthapulakkal va boshq. HDPE/RH (32,5 : 65 mas. %) profillarida to‘rt xil coupling agent (2,5 mas. %) ni sinagan [8]. Coupling agentsiz namunada cho‘zilishdagi mustahkamlik 13,5 MPa, egilishdagi mustahkamlik 33,5 MPa bo‘lgan; coupling agentlar ularni sezilarli oshirgan (2-jadval, 1-rasm). Eng yaxshisi glisidilmetakrilatli (EGMA1) bo‘lgan: cho‘zilishda 22,5 MPa (+66,7%), egilishda 49,6 MPa (+48,1%). Coupling agentlar suv shimuvchanlikka va issiqlik deformatsiyasiga chidamlilikni oshirgan, lekin ekstruziya tezligini sezilarli kamaytirgan [8].

2-jadval

HDPE/RH (32,5 : 65 mas. %) da coupling agentlar ta’siri

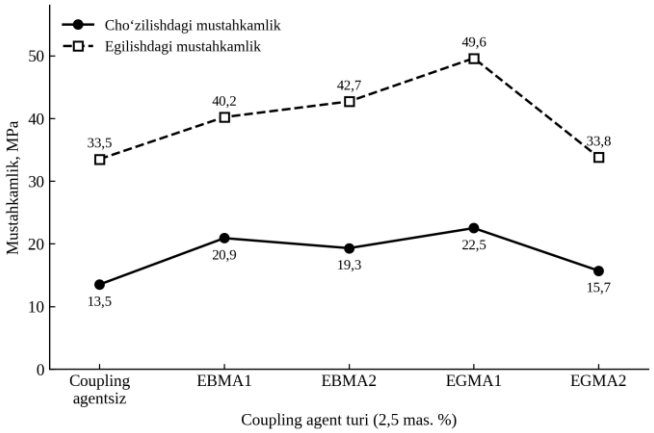
Coupling agent (2,5 %)	Tarkibi	Cho‘zilish, MPa	Δ, %	Egilish, MPa	Δ, %
Yo‘q	—	13,5	—	33,5	—
EBMA1	butilakrilat 6 %, maleik angidrid 3,1 %; M = 120 000	20,9	+54,8	40,2	+20,0
EBMA2	butilakrilat 17,7 %, maleik angidrid 3,1 %; M = 120 000	19,3	+43,0	42,7	+27,5
EGMA1	glisidilmetakrilat 8 %; M = 100 000	22,5	+66,7	49,6	+48,1
EGMA2	metilakrilat 15 %, glisidilmetakrilat 9 %	15,7	+16,3	33,8	+0,9

$$\Delta = (P_c - P_0) / P_0 \times 100\ \% \qquad (2)$$

bunda P_c — coupling agentli, P_0 — coupling agentsiz namunaning ko‘rsatkichi.

Ikkinchi ishda [9] processing aid kiritilgan. Terpolimer coupling agent cho‘zilish va egilishdagi mustahkamlikni hamda suv shimuvchanlikka bardoshlikni oshirgan, ammo qayta ishlash tezligini keskin kamaytirgan.

Mustapa va boshq. ishida 30 mas. % RH li PP-ga 4 mas. % MAPP qo‘shilganda egilishdagi mustahkamlik 35% oshgan, ammo egilish moduli va zarba mustahkamligi kamaygan; 20 mas. % etilen–1-oktan kopolimeri (EOC) zarba mustahkamligini oshirgan, lekin egilish modulini pasaytirgan [12]. Premalal va boshq. RH kukuni va talk bilan to‘ldirilgan PP-ni solishtirgan: talkli kompozitlar oson qayta ishlangan va mustahkamroq bo‘lgan, RH kukunli namunalarda qutbli to‘ldirgich va qutbsiz matritsa orasida bo‘shliqlar hamda aglomeratlar kuzatilgan [17]. Ismail va boshq. umumiy 40 mas. % to‘ldirgichli PP/silika/WRHA gibridida WRHA ulushi ortishi bilan modul oshganini, silika ulushi ortishi bilan esa cho‘zilishdagi mustahkamlik va uzayish ortganini, silikaning PP bilan adgeziyasi WRHA nikidan yaxshi ekanini topgan [11].



1-rasm. HDPE/RH kompozitlarining mustahkamligi (Arjmandi [2] sharhidagi 6-jadval ma’lumotlari asosida chiziqli grafik shaklida qayta chizilgan).

PVX. Ahmad va boshq. zarba modifikatorli PVX-U-ga 10–40 phr RH qo‘shganlar: RH ulushi ortishi bilan egilish va cho‘zilish moduli oshgan, egilishdagi mustahkamlik 20 phr gacha oshgan, cho‘zilishdagi va zarba mustahkamligi esa kamaygan; 8 phr akril zarba modifikatori va 20 phr RH bikrlik va qayishqoqlik muvozanati uchun eng yaxshisi bo‘lgan [13]. Hassan va Sivaneswaran ABS bilan modifikatsiyalangan PVX-U-da 10 phr RHA suyuqlanish vaqtini qisqartirgan va suyuqlanish momentini oshirgan, 20 phr-da esa oxirgi moment to‘ldirilmagan namunadan past bo‘lgan; sirkonat bilan ishlangan namunalarda suyuqlanish vaqti uzoqroq, moment past bo‘lgan [14]. Chand va Jhod PVX/RH kukunida cho‘zilishdagi mustahkamlik 33,9 dan 19,5 MPa gacha kamayganini, MAPP bilan ishlangan RH

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

mustahkamlikni oshirganini ko‘rsatgan [15]; Chand va boshq. mustahkamlik va tribologik xossalar uchun optimal ulush 10 mas. % ekanini topgan [16].

Xorijiy olimlar tomonidan olingan natijalar umumlashtirilgan holda 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval

RH bilan to‘ldirilgan poliolefin va PVX-da coupling agent / processing aid tajribasi va UzGTL uchun ahamiyati

Tizim	Manba	Kuzatilgan ta’sir	UzGTL uchun ahamiyati
HDPE/RH (65 %)	Panthapulakkal [8]	Coupling agent mustahkamlikni oshirgan (+16…+67 %), ekstruziya tezligini kamaytirgan	H1: coupling agent
HDPE/RH (65 %)	Panthapulakkal [9]	Processing aid tezlikni oshirgan, mustahkamlik va suv bardoshligini kamaytirgan; optimum 0,73 : 0,59	H2, H3: FT-wax processing aid sifatida
HDPE/RH	Rahman [10]	Oqim tezligi RH ulushi bilan kamaygan; quyi chegara 4 g/10 daq.; yirik zarracha (250–500 μm) mos	MFR maqsad mezoni; zarracha o‘lchami
PP/RH	Mustapa [12]	4 % MAPP: egilishdagi mustahkamlik +35 %, modul va zarba kamaygan	H1: mustahkamlik va zarba orasidagi kelishuv
PP/silika/WRHA	Ismail [11]	Silika PP bilan WRHA-dan yaxshi adgeziya bergan; modul WRHA ulushi bilan oshgan	Silikaga o‘xshash mineral uchun H0
PVX-U/RH	Ahmad [13]	Egilishda mustahkamlik 20 phr gacha oshgan; cho‘zilish va zarba kamaygan; 8 phr modifikator + 20 phr RH muvozanat	H4
PVX-U/RHA	Hassan [14]	10 phr-da suyuqlanish vaqti qisqa, moment yuqori; 20 phr-da moment past	H4: qayta ishlash
PVX/RH	Chand [15, 16]	Cho‘zilishda mustahkamlik 33,9 → 19,5 MPa; MAPP yaxshilagan; optimum 10 mas. %	H4: ulush
rHDPE/rPET/RH	Chen [18]	E-GMA suv shimuvchanlikni va diffuziya koeffitsientini kamaytirgan	H1: suv shimuvchanlik

Bu ma’lumotlarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri solishtirib bo‘lmaydi: turli mualliflar RH-ning turli ulushi (10 phr-dan 65 mas. % gacha), turli o‘lcham va turli ishlov bilan ishlagan. Shuningdek, [9] da “processing aid” umumiy qo‘shimcha sifatida ko‘rsatilgan; uning FT-waxga o‘xshashligi tasdiqlanmagan. Shuning uchun quyida bu tajriba gipoteza sifatida ishlatiladi, isbot sifatida emas. Sharhning umumiy xulosasi ham shuni ko‘rsatadi: coupling agent/kompatibilizator odatda ≈5 mas. % dan oshmagan miqdorda ishlatilgan, hozirgacha bitta polimer matritsa ko‘proq o‘rganilgan [2].

UzGTL chiqindisining kelib chiqishi va tavsiflash usullari:

Slurry-fazali FT sintezida wax va katalizator. Sarkar va boshq. ishida temir katalizator (~55 g) 150 °C-da eritilgan Polywax 3000 (310 g)ga solinib, taxminan 15 mas. % qattiq moddali suspenziya hosil qilingan; sintez 1 L CSTR reaktorida 270 °C, 175 psig, H_2/CO = 0,7 da o‘tkazilgan [3]. Mahsulotlar rewax, wax, moy va suvli fraksiyalarga ajratilgan; reaktordagi wax (rewax) 0,5 μm filtrli quvur orqali chiqarilgan, katalizator/wax suspenziyasi namunalari esa alohida quvur orqali olingan; wax faol katalizatorni havoda oksidlanishdan himoya qilgan [3]. Demak, slurry-fazali jarayonlarda wax va katalizator qattiq zarrachalari bir muhitda uchraydi, va “katalizator mayda zarrachalari bor wax” ikkilamchi oqimi bo‘lishi mumkin. Bu taxmin: UzGTL-da reaktor turi, katalizator, waxni filtrlash va ajratish sxemasi korxonadan aniqlanishi shart.

4-jadval

Temir fazalari, 300 K

Namuna	Sintez vaqti	Temirning fazaviy tarkibi, %
Rb-siz (S1)	0 (24 soat CO-dan keyin)	85 χ-Fe_5C_2; 15 superparamagnit (20 K-da Fe_3O_4)
Rb-siz (S3)	481,6 soat	93 Fe_3O_4; qolgani karbid
5RbC (S4)	0 (24 soat CO-dan keyin)	73 Fe_3O_4; 15 χ-Fe_5C_2; 12 superparamagnit
5RbC (S6)	361,7 soat	13 χ-Fe_5C_2; 82 ε′-$Fe_{2,2}C$; 5 superparamagnit

Muhim cheklov. Sarkar ishi laboratoriya miqyosidagi Rb bilan promotirlangan temir katalizator (Fe : Si = 100 : 4,6, K_2CO_3 va Cu qo‘shilgan) haqida [3]. UzGTL-da aynan qanday katalizator ishlatilishi bu manbadan bilinmaydi; boshqa turdagi (masalan, kobaltli) katalizatorlar uchun alohida manbalar kerak. Shuning uchun quyidagi tahlil UzGTL katalizatori temir asosli bo‘lsa qo‘llanadigan misol sifatida o‘qilishi lozim.

Temir fazalari va ularning o‘zgarishi. Mössbauer spektroskopiyasi katalizator tarkibidagi temir fazalarini (magnetit Fe_3O_4, χ-Fe_5C_2, ε′-$Fe_{2,2}C$) aniqlagan [3]. Rb-siz katalizatorda CO-ning konversiyasi 300 soatda 85% dan 10% gacha, 5RbC katalizatorda 600 soatda taxminan 48% dan 25% gacha kamaygan (kuniga 3,12% va 0,97%); karbid

miqdori faollikka mos kelgan [3]. 4-jadvaldagi namunalar fazalar sintez davomida qanday o‘zgarishini ko‘rsatadi.

XANES o‘lchashlari Rb-ning oksidlangan (+1) holatda ekanini va uning birikmasi Rb2CO3-ga o‘xshashligini ko‘rsatgan [3]. Xulosa: agar katalizator temir asosli bo‘lsa, ishlatilgan material kremnezyomli RHA-dan farqli o‘laroq temir oksidlari/karbidlari, ishqoriy karbonatlar va silika aralashmasi bo‘lishi mumkin. Bunday material rangli, magnit xossali va kimyoviy faol bo‘lishi kutiladi, bu polimerdagi adgeziyaga va termik barqarorlikka ta’sir qilishi mumkin (taxmin).

Tavsiflash usullari: Sarkar va UzGTL protokoli.

5-jadval

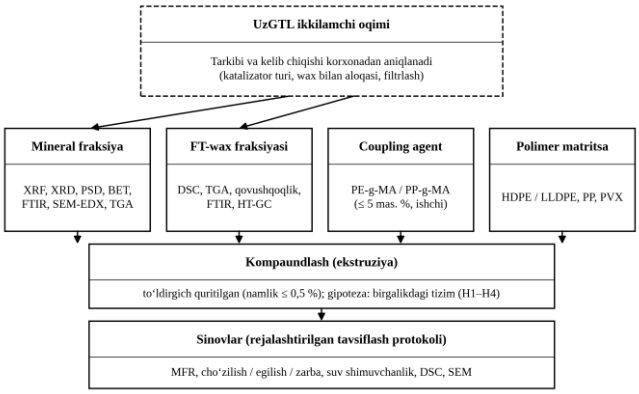
Sarkar ishidagi usullar va rejalashtirilgan protokol bilan solishtirish

Usul [3]	Nimani aniqlaydi	Rejalashtirilgan protokoldagi analogi	Izoh
Mössbauer (300 va 20 K)	Temir fazalari: oksid, karbid, superparamagnit	XRD (faza), XRF (Fe miqdori)	Maxsus qurilma; XRD-ni alternativa sifatida qo‘llash mumkin
XANES / EXAFS (Fe va Rb K-chegarasi)	Oksidlanish holati, koordinatsiya	FTIR, XRD; yuvilish sinovi	Sinxrotron talab qilinadi; odatda mavzudan tashqari
CSTR sinovi, GC	Katalitik faollik, mahsulot tarkibi	HT-GC (wax tarkibi)	Wax tavsifi uchun kerak
Namuna: katalizator/wax suspenziyasi	Wax himoyalovchi qatlam	Namuna pasporti, xavfsizlik skrining	Faol material havoda reaksiyaga kirishishi mumkin; korxona xavfsizlik ma’lumotiga qarab ishlanadi

Amaliy tavsiya: birinchi bosqichda XRF, XRD, PSD, BET va TGA kifoya qiladi; ular temir fazalari, kremnezyom va uglerod ulushini baholash imkonini beradi. Og‘ir metallar uchun EN 12457-2 bo‘yicha yuvilish sinovi majburiy. Mössbauer va XANES faqat aniq javob talab qilinsa (masalan, magnetit va karbidni ajratish) ko‘rib chiqiladi.

Mineral to‘ldirgich, ft-wax va coupling agent birgalikdagi tizimi. Yuqoridagi tahlil asosida 6-jadvaldagi shart va gipotezalar shakllantirildi. Ularning har biri tajribada rad etilishi mumkin bo‘lgan shaklda yozilgan; tizim tuzilmasi 2-rasmda keltirilgan.

Taklif etilgan tajriba sxemasi. 0-bosqich: rejalashtirilgan protokol bo‘yicha mineral fraksiya va wax tavsifi (H0 tekshiruvi va xavfsizlik skrining). 1-bosqich: HDPE yoki LLDPE matritsada mineral to‘ldirgich ulushini bir darajada (ishchi qiymat: 20 mas. %) ushlab, coupling agent (0; 2,5; 5 mas. %) va FT-wax (0; 2,5; 5; 10 mas. %)ning ikki omilli to‘liq faktorial tajribasi. Har bir kombinatsiya uchun MFR, cho‘zilish, egilish, zarba, suv shimuvchanlik, DSC (kristallilik) va sinish yuzasi SEM-si o‘lchanadi; natijalar tavsiflash protokolidagi statistik qoidalar ($n \geq 5$, ANOVA, $\alpha=0,05$) bilan qayta ishlanadi. 2-bosqich: PP va PVX (H4). Diapazonlar RH adabiyotiga [2, 8, 9] tayanadi va pilot sinovda aniqlashtiriladi.



2-rasm. UzGTL mineral fraksiyasi, FT-wax va coupling agentning birgalikdagi tizimi (taklif etilgan sxema).

6-jadval

Shart va gipotezalar

№	Gipoteza	Asos	Tekshirish va rad etish mezoni
H0	UzGTL mineral fraksiyasi silikat/oksid asosli va sirti qutbli bo‘lsa, RH kuli/silika analogiyalari qo‘llanadi (shart)	[2, 11]	XRF: SiO_2 ustun; XRD; BET. SiO_2 ustun bo‘lmasa (masalan, temirli fazalar ko‘p) H1–H4 qayta ko‘riladi
H1	Poliolefinda coupling agent (≤5 mas. %) kompatibilizatorsiz namunaga nisbatan cho‘zilish va egilishdagi mustahkamlikni oshiradi, suv shimuvchanlikni kamaytiradi	[2, 8, 12, 18]	Cho‘zilish/egilish: ortish $p < 0,05$ (ANOVA, $n \geq 5$); ISO 62. Ortmasa rad etiladi
H2	FT-wax erish oqimini (MFR) oshiradi, bunda mustahkamlik/bikrlik pasayishi va suv shimuvchanlik ortishi mumkin	[1, 6, 7, 9]	MFR (ISO 1133-1) ortishi; mexanik va W o‘zgarishi. MFR o‘zgarmasa rad etiladi
H3	Coupling agent : FT-waxnisbatida MFR va mustahkamlik ishchi maqsad qiymatlaridan past tushmaydigan “optimum oyna” mavjud; 0,73 : 0,59 [9] faqat boshlang‘ich reper	[9]	Ikki omilli tajriba (qarang 5.1); oyna topilmasa rad etiladi
H4	PVX-da past ulush (≈10 phr/mas. %) eng yaxshi muvozanat beradi; zarba modifikatori yoki kompatibilizator bilan yuqori ulushda ham muvozanatga erishish mumkin	[13–16]	Ulush qatori 0–30; cho‘zilish, zarba, suyuqlanish momenti; monoton pasayish bo‘lsa modifikatorga o‘tiladi

Xulosa. Guruch qobig‘i bilan to‘ldirilgan polimerlar bo‘yicha adabiyot coupling agent va processing aid orasida aniq kelishuv borligini

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

ko‘rsatadi: coupling agent mustahkamlikni oshiradi, lekin ekstruziya tezligini pasaytiradi, processing aid esa tezlikni oshiradi, lekin mustahkamlik va suv bardoshligini kamaytirishi mumkin. HDPE/RH tizimida optimal nisbat 0,73 : 0,59 bo‘lgan [2, 9]. Sharh mualliflari polimer aralashmalari va ikkilamchi to‘ldirgichlar kam o‘rganilganini ta’kidlagan [2]; bu UzGTL mineral fraksiyasi va FT-waxni birgalikda o‘rganish uchun ilmiy bo‘shliqni ko‘rsatadi.

RH kuli bilan mineral fraksiya orasidagi analogiya faqat fraksiya silikat asosli bo‘lsagina o‘rinli; buni XRF va XRD aniqlaydi. Agar UzGTL ikkilamchi oqimi temir asosli katalizator qoldig‘ini o‘z ichiga olsa [3], u RHA-dan sezilarli farq qilishi mumkin va xavfsizlik (og‘ir metallar, yuvilish) alohida baholanishi kerak.

Maqolada bitta shart (H0) va to‘rtta tekshiriladigan gipoteza (H1–H4) shakllantirildi hamda ikki omilli tajriba sxemasi taklif etildi. Keyingi qadamlar: (1) korxonadan chiqindi oqimining kelib chiqishi va katalizator turi haqida ma’lumot olish; (2) rejalashtirilgan protokol bo‘yicha tavsiflash (XRF, XRD, PSD, BET, TGA); (3) H1–H3-ni HDPE/LLDPE-da, so‘ng H4-ni PP va PVX-da tajribada tekshirish.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

[1] Ismatov, B. A., & Lutfullayev, S. Sh. (2026). “Uzbekistan GTL” MChJ texnologik chiqindilarini modifikatsiya qilish orqali kompleks xossalarga ega bo‘lgan polimer kompozitsion materiallar olish va qo‘llash. Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences, 6(6), 360–375.
[2] Arjmandi, R., Hassan, A., Majeed, K., & Zakaria, Z. (2015). Rice husk filled polymer composites. International Journal of Polymer Science, Article ID 501471.
[3] Sarkar, A., Jacobs, G., Ji, Y., Hamdeh, H. H., & Davis, B. H. (2008). Fischer–Tropsch synthesis: Characterization of Rb promoted iron catalyst. Catalysis Letters, 121, 1–11. https://doi.org/10.1007/s10562-007-9288-1
[4] Tuhkala, M., Juuti, J., Teirikangas, M., & Jantunen, H. (2015). Polymer-ceramic composite filler selection using mixing rules. Journal of Applied Physics, 117, 064103. https://doi.org/10.1063/1.4908012
[5] Rus, A. Z. M., Azahari, M. S. M., Kormin, S., Soon, L. B., Zaliran, M. T., & Sadrina, M. F. L. (2017). Hybrid waste filler filled bio-polymer foam composites for sound absorbent materials. AIP Conference Proceedings, 1877, 060004. https://doi.org/10.1063/1.4999883
[6] Mhlabeni, T., Ngobese, C., Ramjee, S., & Focke, W. (2024). Rheological characterization of linear low-density polyethylene–Fischer–Tropsch wax blends. Journal of Vinyl and Additive Technology, 29(4), 698–708. https://doi.org/10.1002/vnl.21984
[7] Mhlabeni, T., Ramjee, S., López, J., Díaz-Díaz, A.-M., Artiaga, R., & Focke, W. (2024). Thermal and rheological properties of Fischer–Tropsch wax/high-flow LLDPE blends. Macromolecular Materials and Engineering, 309(8), 2300125. https://doi.org/10.1002/mame.202300125
[8] Panthapulakkal, S., Sain, M., & Law, S. (2005). Effect of coupling agents on rice-husk-filled HDPE extruded profiles. Polymer International, 54(1), 137–142.
[9] Panthapulakkal, S., Law, S., & Sain, M. (2005). Enhancement of processability of rice husk filled high-density polyethylene composite profiles. Journal of Thermoplastic Composite Materials, 18(5), 445–458.
[10] Rahman, W. A. W. A., Isa, N. M., Rahmat, A. R., Adenan, N., & Ali, R. R. (2010). Rice husk/high density polyethylene bio-composite: Effect of rice husk filler size and composition on injection molding processability with respect to impact property. Advanced Materials Research, 83–86, 367–374.
[11] Ismail, H., Hong, H. B., Ping, C. Y., & Abdul Khalil, H. P. S. (2003). Polypropylene/silica/rice husk ash hybrid composites: A study on the mechanical, water absorption and morphological properties. Journal of Thermoplastic Composite Materials, 16(2), 121–137.

[12] Mustapa, M. S. E., Hassan, A., & Rahmat, A. R. (2005). Preliminary study on the mechanical properties of polypropylene rice husk composites. In Proceedings of the Simposium Polimer Kebangsaan (pp. 185–191).
[13] Ahmad, M., Rahmat, A. R., & Hassan, A. (2010). Mechanical properties of unplasticised PVC (PVC-U) containing rice husk and an impact modifier. Polymers & Polymer Composites, 18(9), 527–536.
[14] Hassan, A., & Sivaneswaran, K. (2002). The effect of rice husk ash fillers on processability of ABS impact modified PVC-U. In Proceedings of the 3rd National Symposium on Polymeric Materials (pp. 174–179).
[15] Chand, N., & Jhod, B. D. (2008). Mechanical, electrical, and thermal properties of maleic anhydride modified rice husk filled PVC composites. BioResources, 3(4), 1228–1243.
[16] Chand, N., Sharma, P., & Fahim, M. (2010). Tribology of maleic anhydride modified rice-husk filled polyvinylchloride. Wear, 269(11–12), 847–853.
[17] Premalal, H. G. B., Ismail, H., & Baharin, A. (2002). Comparison of the mechanical properties of rice husk powder filled polypropylene composites with talc filled polypropylene composites. Polymer Testing, 21(7), 833–839.
[18] Chen, R. S., Ab Ghani, M. H., Salleh, M. N., Ahmad, S., & Tarawneh, M. A. (2015). Mechanical, water absorption, and morphology of recycled polymer blend rice husk flour biocomposites. Journal of Applied Polymer Science, 132(8), 1–12.

Maqolaga iqtibos keltirish | Как цитировать статью | How to cite this article

Lutfullayev, S. Sh., Ismatov, B. A., & Raxmatov, M. I. (2026). “Uzbekistan GTL” MChJ texnologik chiqindilarini poliolefinlar uchun qo‘shimcha sifatida qo‘llash. Sanoatda raqamli texnologiyalar, 4(3-1). https://doi.org/10.70769/3030-3214.SRT.4.3-1.2026.18