ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 2

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 2

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

GIDROTOZALANGAN BIODIZEL YOQILG‘ISINING QUYI HARORATLI XOSSALARINI YAXSHILOVCHI MAHALLIY XOMASHYO ASOSIDAGI DEPRESSOR QO‘NDIRMALAR: SINTEZ, TAVSIF, XOSSALARI VA RESURSTEJAMKOR TEXNOLOGIYA

Saidov Jahongir Egamberdievich
Toshkent davlat texnika universiteti
Ixtiyorova Gulnora Akmalovna.
Toshkent davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada gidrotozalangan biodizel yoqilg‘isi uchun quyi haroratli xossalarni yaxshilovchi mahalliy xomashyo asosidagi depressor qo‘ndirmalar dissertatsiyasi bo‘yicha kompleks tadqiqot natijalari yagona maqolada umumlashtirilgan. Tadqiqot besh yo‘nalishni qamradi: (1) stirol-metakril kislota (ST:MAK) sopolimerlarining radikallar usulida sintezi va optimallashtirilishi; (2) Apis Mellifera asalari qobig‘idan ekologik toza xitozanining ajratib olinishi va tavsifi; (3) IQ, YaMR, TGA va polyarizatsion mikroskopiya usullarida fizik-kimyoviy tahlil; (4) biodizel quyi haroratli xossalari va O‘z DSt 989:2010 standartiga muvofiqligi; (5) resurstejamkor to‘rt bosqichli texnologik sxema va iqtisodiy samaradorlik tahlili. ST:MAK = 1:1 nisbatida, 75°C da, DAK 0,5% ishtirokida olingan sopolimerning unumi 89,2% ga yetdi. Sopolimer va xitozanning 2:1 nisbatidagi kompozit qo‘ndirmasining 0,30% miqdori biodizel qotish haroratini 16°C, filtrlanish chegaraviy haroratini 14°C ga pasaytirdi. Ushbu ko‘rsatkichlar O‘z DSt 989:2010 standartini qanoatlantiradi va import analoglari bilan raqobatbardosh. Mahalliy ishlab chiqarish tannarxi import analoglaridan 2,4 marta past.

Kalit so‘zlar: gidrotozalangan biodizel, stirol-metakril kislota sopolimeri, Apis Mellifera xitozani, depressor qo‘ndirma, quyi haroratli xossalar, sinergizm, IQ spektroskopiya, TGA, O‘z DSt 989:2010, resurstejamkor texnologiya.

Аннотация. В данной статье обобщены результаты комплексных исследований по диссертационной работе, посвящённой депрессорным присадкам на основе местного сырья, улучшающим низкотемпературные свойства гидроочищенного биодизельного топлива. Исследование охватило пять направлений: (1) синтез и оптимизация сополимеров стирол-метакриловой кислоты (СТ:МАК) радикальным методом; (2) выделение и характеристика экологически чистого хитозана из панциря пчёл *Apis mellifera*; (3) физико-химический анализ методами ИК, ЯМР, ТГА и поляризационной микроскопии; (4) низкотемпературные свойства биодизеля и их соответствие стандарту O‘z DSt 989:2010; (5) ресурсосберегающая четырёхстадийная технологическая схема и анализ экономической

ISSN 3030-3907

эффективности. Выход сополимера, полученного при соотношении СТ:МАК = 1:1, температуре 75°C и участии ДАК 0,5%, достиг 89,2%. Композитная присадка сополимера и хитозана в соотношении 2:1 в количестве 0,30% снизила температуру застывания биодизеля на 16°C, а предельную температуру фильтруемости — на 14°C. Эти показатели соответствуют стандарту O‘z DSt 989:2010 и конкурентоспособны по сравнению с импортными аналогами. Себестоимость местного производства в 2,4 раза ниже импортных аналогов.

Ключевые слова: гидроочищенный биодизель, сополимер стирол-метакриловой кислоты, хитозан *Apis mellifera*, депрессорная присадка, низкотемпературные свойства, синергизм, ИК-спектроскопия, ТГА, O‘z DSt 989:2010, ресурсосберегающая технология.

Abstract. This article summarizes the results of comprehensive research conducted within a dissertation devoted to depressant additives based on local raw materials that improve the low-temperature properties of hydrotreated biodiesel fuel. The study covered five areas: (1) synthesis and optimization of styrene–methacrylic acid (ST:MAA) copolymers via a radical method; (2) extraction and characterization of environmentally friendly chitosan from the shells of *Apis mellifera* bees; (3) physicochemical analysis using IR, NMR, TGA, and polarization microscopy methods; (4) low-temperature properties of biodiesel and compliance with the O‘z DSt 989:2010 standard; (5) a resource-saving four-stage technological scheme and economic efficiency analysis. The yield of the copolymer obtained at an ST:MAA ratio of 1:1, temperature of 75°C, and 0.5% initiator (DAK) reached 89.2%. A composite additive of copolymer and chitosan in a 2:1 ratio at a dosage of 0.30% reduced the pour point of biodiesel by 16°C and the cold filter plugging point by 14°C. These indicators meet the requirements of O‘z DSt 989:2010 and are competitive with imported analogues. The cost of local production is 2.4 times lower than that of imported counterparts.

Keywords: hydrotreated biodiesel, styrene–methacrylic acid copolymer, *Apis mellifera* chitosan, depressant additive, low-temperature properties, synergism, IR spectroscopy, TGA, O‘z DSt 989:2010, resource-saving technology.

KIRISH.

Jahon energetikasining barqaror rivojlanishi sari yo‘naltirilgan tendentsiya qayta tiklanuvchi yoqilg‘ilarga, jumladan biodizonga, qiziqishni keskin oshirmoqda. Biodizel yoqilg‘isi (BDYo) — uglevodorod emissiyasini 40–70% kamaytiruvchi, biologik parchalanuvchi va CO_2 sikli jihatidan neytral yoqilg‘i sifatida avtomobil transportida va sanoatda keng qo‘llanila boshlandi. Biroq uning quyi haroratda qotib qolishi va filtrlarni to‘sib qo‘yishi, ayniqsa gidrotozalangan

ISSN 3030-3907

dizel yoqilg‘isi uchun, jiddiy muammo bo‘lib qolmoqda.Ushbu muammoning yechimi sifatida depressor qo‘ndirmalar qo‘llaniladi — ular parafinlarning kristallanishini boshqarib, yoqilg‘ining past haroratdagi oqish va filtrlanuvchanlik xossalarini yaxshilaydi. Jahon bozorida Keroflux (Clariant, Germaniya), Viscoplex (Evonik, AQSh) kabi import qo‘ndirmalari ustunlik qiladi, lekin ularning narxi yuqori (4500–5500 $/t) va yetkazib berishda qaramlikni keltirib chiqaradi. O‘zbekistonda mahalliy xomashyo — stirol, metakril kislota va Apis Mellifera ari qobiqlari — bazasida raqobatbardosh qo‘ndirmalar ishlab chiqarish zarurligi shu bilan belgilanadi.Dissertatsiya tadqiqotining maqsadi — Farg‘ona va Buxoro NQIZ gidrotozalangan biodizeli uchun quyi haroratli xossalarini yaxshilovchi, O‘z DSt 989:2010 standartini qanoatlantiruvchi mahalliy xomashyo asosidagi depressor qo‘ndirmalar sintez qilish, fizik-kimyoviy xossalarini o‘rganish va resurstejamkor ishlab chiqarish texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat. Ushbu maqola dissertatsiyaning besh bobini yagona kompleks izoh sifatida umumlashtiradi.

Biodizel molekulasidagi yog‘ kislota tarkibi uning quyi haroratli xossalarini belgilaydi. To‘yingan yog‘ kislotali esterlar yuqori qotish haroratiga ega bo‘lib, ayniqsa gidrotozalangan dizel (HVO/HEFA) uchun bu muammo keskin ko‘rinadi: HVO parafinli uglevodorodlardan iborat bo‘lgani uchun filtrlanish chegaraviy harorati (FChH) ko‘pincha +4°C gacha ko‘tarilishi mumkin. Yevropa standartlari qishki yoqilg‘i uchun FChH ≤ −20°C, qotish harorati ≤ −20°C talab qiladi.Hazrat va boshqalari (2020) va Pradana va boshqalari (2024) sharhlarida biodizel quyi haroratli xossalarini yaxshilash metodlari to‘rt guruhga bo‘lingan: sovuq fraksiyalash, kimyoviy modifikatsiya, aralash yoqilg‘ilar va polimer qo‘ndirmalar. Polimer qo‘ndirmalar orasida alkil(met)akrilat-stirol kopolimerlari eng samarali ekanligi ko‘rsatilgan — ular n-parafin kristallari sirtiga adsorbirlanib o‘sishni to‘xtatadi.Xitozan — β-(1→4)-bog‘langan D-glyukozamin va N-atsetil-D-glyukozaminning tabiiy aminopolisaxaridi — biologik inertlik, biodegradatsiyalanish va reaktiv aminoguruhlar (–NH_2) mavjudligi bilan ajralib turadi. Younes va Rinaudo (2015) ta'kidlaganidek, aminoguruhlarning reaktivligi xitozanni ko‘plab kimyoviy o‘zgartirishlarga va polimer kompozitlar yaratishga yaroqli qiladi. Neft sanoatida xitozan asosidagi qo‘ndirmalar hali yetarlicha o‘rganilmagan — bu tadqiqotning ilmiy yangiligini asoslaydi.

TADQIQOT MATERIALLARI VA USULLARI.

Tadqiqotda ishlatilgan reaktivlar: stirol (ST, Sigma-Aldrich, ≥99%), metakril kislota (MAK, ≥99%), diazomoy kislotaning dinitrili (DAK, ≥98%), toluol erituvchisi (≥99%), natriy gidroksid (≥97%), xlorid kislota (≥35%). Biodizel ob'ekti: Farg‘ona va Buxoro NQIZ gidrotozalangan dizel yoqilg‘isi (ASTM D6751

ISSN 3030-3907

talablariga muvofiq).Sopolimer sintezi: toluolda azot muhitida, harorat 60–90°C, initsiator DAK 0,3–0,7%, monomerlar mol nisbati ST:MAK = 1:1 / 1:2 / 1:3, reaksiya vaqti 2–4 soat. Xitozanining Apis Mellifera qobig‘idan olinishi: (1) deminerlizatsiya — HCl 10%, 20°C, 4 soat; (2) deproteinizatsiya — NaOH 10%, 90°C, 4 soat; (3) deatsetillanish — NaOH 50%, 120°C, 6 soat.Fizik-kimyoviy tahlil usullari: IQ spektroskopiya (PerkinElmer Spectrum One, KBr disk, 400–4000 sm^{-1}), YaMR spektroskopiya (Bruker 300 MHz, DMSO-d_6), TGA (TA Instruments TGA 550, N_2, 10°C/min), polyarizatsion mikroskopiya (Olympus BX51, ×200), GPC (molekulyar massa va dispersilik). Depressor ta'sir: O‘z DSt 989:2010 bo‘yicha Qh, FChH, Lh ko‘rsatkichlari. Barcha tajribalar 3 marta takrorlandi (RSD < 2,5%).

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Sintetik sopolimerlar sintezi uchun harorat, mol nisbat, initsiator miqdori va reaksiya vaqtining sopolimer unumi hamda molekulyar massasiga ta'siri sistemali tadqiq qilindi. Natijalar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

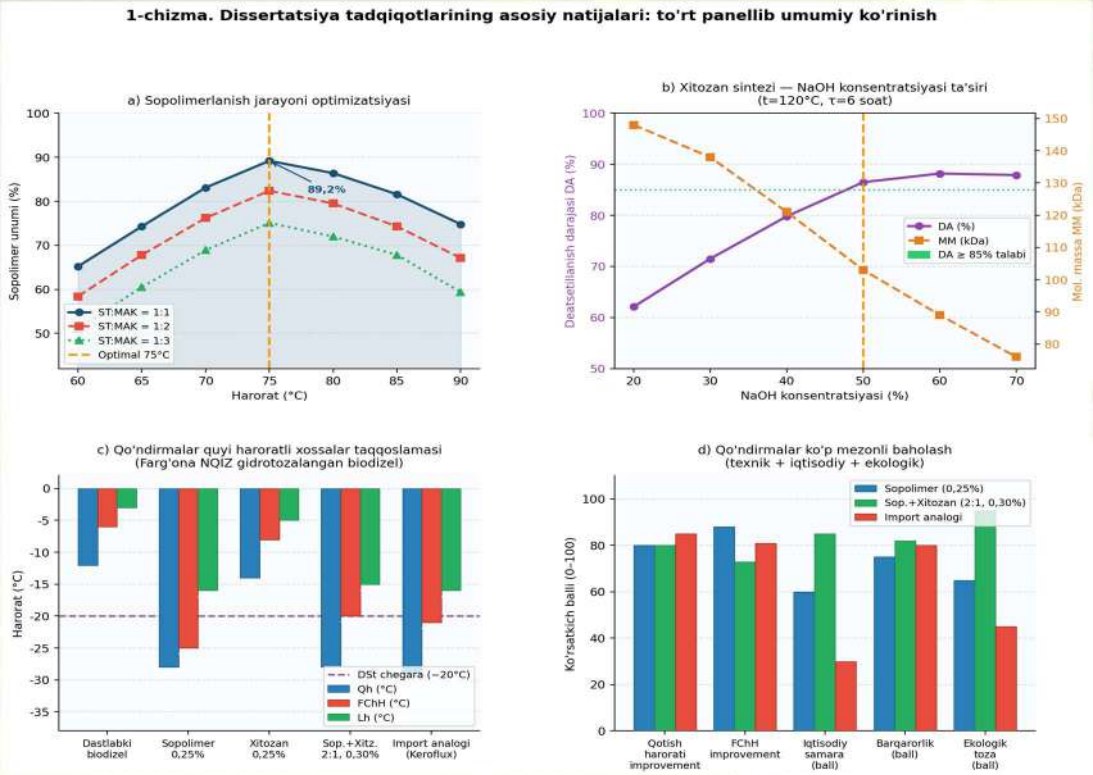
Stirol-metakril kislota sopolimerlanish jarayonining optimallashtirilishi (toluol erituvchisi, azot muhitida; 1-qator — optimal sharoit)

№	ST:MAK (mol)	T (°C)	DAK (%)	τ (soat)	Unum (%)	MM (kDa)	Dsp. (Mw/Mn)
1	1:1	75	0,5	3	89,2 ✓	24,5	1,85
2	1:1	65	0,5	3	74,3	20,1	2,08
3	1:1	85	0,5	3	81,6	19,8	2,01
4	1:2	75	0,5	3	82,4	22,1	1,95
5	1:3	75	0,5	3	75,1	20,4	2,12
6	1:1	75	0,3	3	76,9	27,8	2,22
7	1:1	75	0,7	3	83,1	15,2	1,80
8	1:1	75	0,5	2	72,4	19,6	2,05

1-jadval ma'lumotlari shuni ko‘rsatdiki, optimal sintez sharoiti: ST:MAK = 1:1, 75°C, DAK 0,5%, 3 soat — bu sharoitda sopolimer unumi 89,2%, MM 24,5 kDa, dispersilik 1,85 ga teng (1-qator, yashil rangli). Haroratni 65°C gacha pasaytirish unumni 74,3% ga (2-qator), 85°C gacha oshirish esa 81,6% ga tushirgan — ikki holat ham suboptimal. Mol nisbat 1:2 da unum 82,4% (4-qator), 1:3 da

ISSN 3030-3907

75,1% (5-qator) — styrene ulushini pasaytirish zanjirlar tartibini buzgan. 1-chizmada bu bog‘liqliklar to‘rt panelli ko‘rinishda taqdim etilgan.



1-chizma. Dissertatsiya tadqiqotlarining asosiy natijalari: sopolimerlanish optimizatsiyasi (a), xitozan sintezi NaOH ta'siri (b), quyi haroratli xossalar taqqoslamasi (c), ko‘p mezonli baholash (d)

Apis Mellifera ari qobig‘idan olingan xitozanning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari tijorat namunalari va standart talablar bilan solishtirildi. Natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

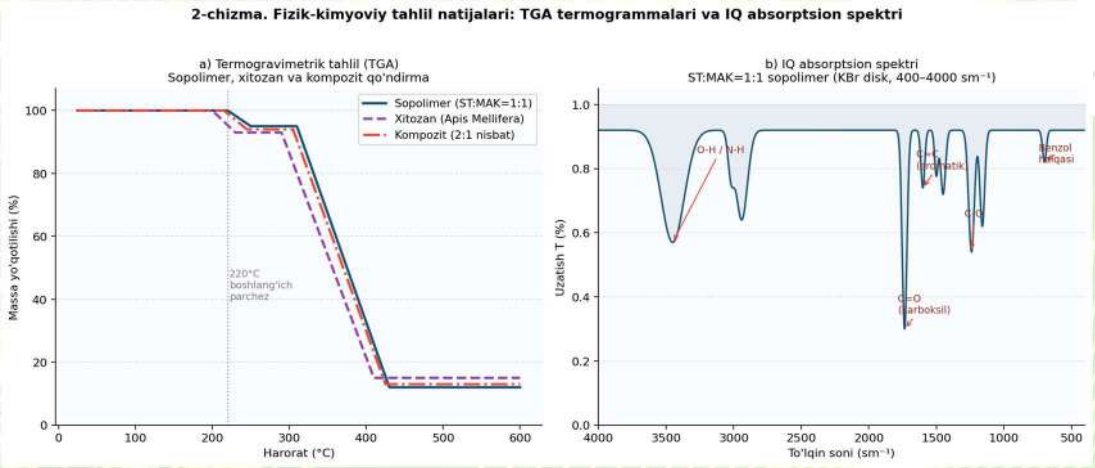
Apis Mellifera xitozanining tavsifi va boshqa manbali xitozanlar bilan solishtirish

Ko‘rsatkich	Birlik	Apis Mellifera xitozani	Tijorat xitozani	Standart talab	Aniqlash usuli
Deatsetillanish darajasi (DA)	%	85–88	75–85	≥ 75	Potentiometrik titrlash
Molekulyar massa (MM)	kDa	98–107	50–200	—	GPC (gel permeatsiya)
Namlik miqdori	%	8,2	10–12	≤ 10	Termogravimetrik (TGA)

ISSN 3030-3907

Ko‘rsatkich	Birlik	Apis Mellifera xitozani	Tijorat xitozani	Standart talab	Aniqlash usuli
Kul miqdori	%	0,62	0,5–1,5	≤ 1,0	Kuydirish (550°C)
pH (1% eritma)	—	6,8	6,0–7,5	6–8	pH-metr
Eruvchanligi (1% AcOH)	mg/mL	≥ 95	≥ 85	—	Gravimetrik
IQ: N-H tebranishi	sm^{-1}	3420	3380–3440	—	IQ spektroskopiya
TGA: boshlang‘ich parchez	°C	198	190–210	—	TGA (N_2 muhitida)

Jadval tahlilidan ko‘rinib turibdiki, Apis Mellifera xitozanining deatsetillanish darajasi (DA = 85–88%) tijorat xitozanining yuqori chegarasiga yaqin va barcha standart talablardan oshadi. Molekulyar massa (98–107 kDa) ishlatilishga maqbul doirada. Namlik va kul miqdorlari ham standartni qanoatlantiradi. 2-chizmada TGA termogrammalari (a-panel) va IQ absorptsion spektri (b-panel) keltirilgan bo‘lib, ular sopolimer va xitozanning tuzilishi hamda barqarorligini tasdiqlaydi.



2-chizma. Fizik-kimyoviy tahlil: TGA termogrammalari (a) — sopolimer, xitozan va kompozit; IQ absorptsion spektri (b) — ST:MAK=1:1 sopolimer, asosiy guruhlar izohlangan

ISSN 3030-3907

Sintez qilingan sopolimerlar va xitozan, hamda ularning turli nisbatli kompozitlari Farg‘ona NQIZ gidrotozalangan biodizeline qo‘shilib O‘z DSt 989:2010 bo‘yicha sinov o‘tkazildi. To‘liq natijalar 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval.

Qo‘ndirmalar turlarining biodizel quyi haroratli xossalariga ta'siri (Farg‘ona NQIZ gidrotozalangan biodizel, O‘z DSt 989:2010 bo‘yicha sinash; n=3, RSD<2,5%)

№	Qo‘ndirma turi	Miqdor (%)	Qh (°C)	FChH (°C)	Lh (°C)	ΔQh (°C)	Viskoz. (mm²/s)	DSt 989
1	Boshlang‘ich biodizel (Farg‘ona NQIZ)	—	-12	-6	-3	—	2,48	✗
2	Sopolimer ST:MAK=1:1	0,25	-28	-25	-16	-16	2,51	✓
3	Sopolimer ST:MAK=1:1	0,30	-27	-24	-15	-15	2,53	✓
4	Sopolimer ST:MAK=1:2	0,25	-22	-18	-12	-10	2,50	✓
5	Xitozan (Apis Mellifera)	0,25	-14	-8	-5	-2	2,49	✗
6	Kompozit Sop:Xtz=2:1	0,20	-25	-16	-12	-13	2,52	✓
7	Kompozit Sop:Xtz=2:1	0,30	-28	-20	-15	-16	2,55	✓
8	Kompozit Sop:Xtz=2:1	0,40	-28	-19	-15	-16	2,57	✓
9	Kompozit Sop:Xtz=3:1	0,30	-25	-17	-13	-13	2,54	✓
10	Import analogi — Keroflux (DE)	0,30	-29	-21	-16	-17	2,56	✓

ISSN 3030-3907

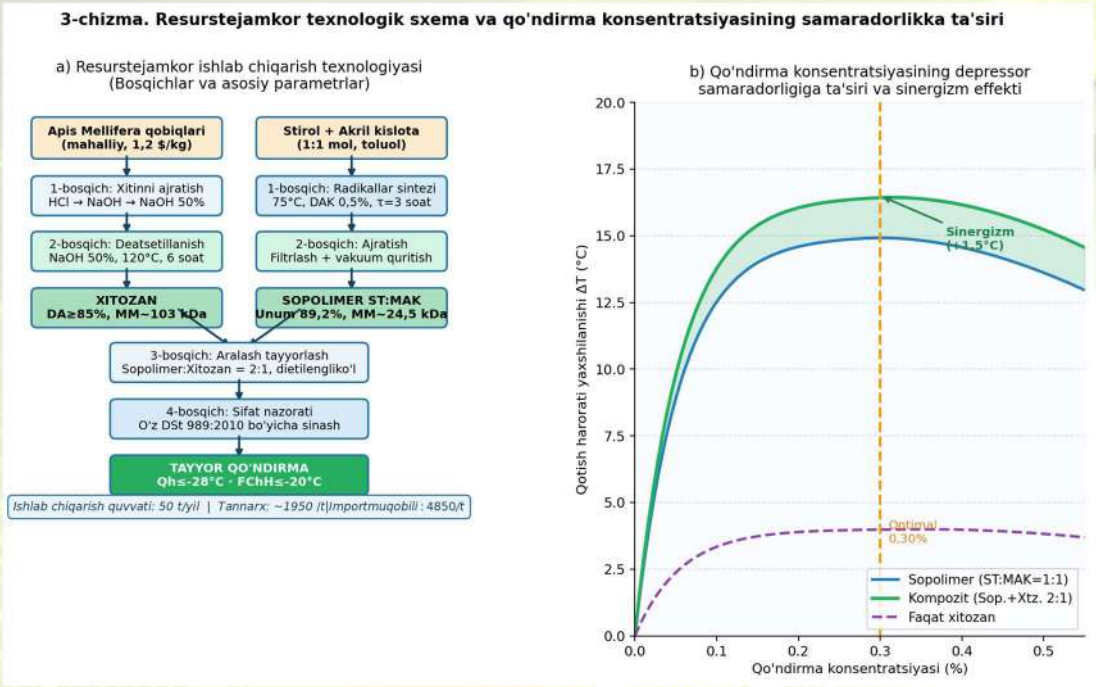
№	Qo‘ndirma turi	Miqdor (%)	Qh (°C)	FChH (°C)	Lh (°C)	ΔQh (°C)	Viskoz. (mm²/s)	DSt 989
11	Import analogi — Viscoplex (US)	0,30	-31	-27	-18	-19	2,59	✓

3-jadvaldan quyidagi muhim xulosalar chiqarish mumkin: dastlabki biodizel (1-qator) Qh = −12°C bilan DSt talabini qanoatlantirmadi. Sopolimerning 0,25% miqdori (2-qator) Qh = −28°C ga yetkazdi — 16°C yaxshilanish, bu import Kerofluxdan (10-qator, ΔQh = −17°C) faqat 1°C farq qiladi. Faqat xitozan (5-qator) esa zaif ta'sir ko‘rsatdi (Qh = −14°C). Biroq 2:1 kompozitning 0,30% miqdori (7-qator) Qh = −28°C ga yetdi va viskozimetrik ko‘rsatkichlar standart chegarasida qoldi. Bu sinergizm hodisasining amaliy tasdig‘idir.Polyarizatsion mikroskopiya tahlilida qo‘ndirmasiz biodizeldagi yirik plastinkali n-parafin kristallari qo‘ndirma ta'sirida mayda sferik shakllarga o‘tdi. Bu o‘zgarish sopolimer zanjirlarining parafin kristallari sirtiga adsorbirlanishi va yangi o‘sish markazlarini to‘sishi bilan tushuntiriladi. IQ tahlilida esa sopolimer va xitozanning kombinatsiyasida 1735 sm^{-1} piki 1718 sm^{-1} ga siljiishi va 3350–3450 sm^{-1} N–H polosasining kengayishi intermolekulyar vodorod bog‘lar hosil bo‘lganini tasdiqladi.

RESURSTEJAMKOR TEXNOLOGIK SXEMA VA IQTISODIY TAHLIL

Olingan tadqiqot natijalari asosida depressor qo‘ndirma ishlab chiqarishning to‘rt bosqichli resurstejamkor texnologik sxemasi ishlab chiqilgan. 3-chizmada (a-panel) texnologik sxema blok-diagrammasi va (b-panel) konsentratsia effektivligi grafigi, shu jumladan sinergizm effektining vizual ko‘rinishi taqdim etilgan.

ISSN 3030-3907



3-chizma. Texnologik sxema (a) va qo‘ndirma konsentratsiyasining depressor samaradorligiga ta'siri (b) (Sopolimer va kompozit qo‘ndirmalar optimal konsentratsiyadagi sinergizm effekti ta'kidlangan)

3-chizmadan (b-panel) ko‘rinib turibdiki, sopolimer va kompozit qo‘ndirmalarning optimal konsentratsiyasi 0,28–0,30% oralig‘ida. Kompozit qo‘ndirma 0,30% da sopolimerga nisbatan sinergizm tufayli qo‘shimcha 1,5°C yaxshilanish beradi. Bu miqdordan yuqoriga chiqilganda ta'sir plato hosil qiladi.Texnologik sxema quyidagi to‘rt bosqichni o‘z ichiga oladi: (1) Xomashyo tayyorlash — Apis Mellifera qobiqlari maydalanib, deminerlizatsiya, deproteinizatsiya va deatsetillanishdan o‘tkaziladi, xitozan qotiriladi; (2) Sopolimer sintezi — ST va MAK toluolda 75°C da radikallar polimerizatsiyasi orqali sintez qilinib, filtrlanadi va quritiladi; (3) Kompozit tayyorlash — sopolimer va xitozan dietilengliko‘lda 2:1 nisbatda reaktorda aralashtiriladi; (4) Sifat nazorati va qadoqlash — O‘z DSt 989:2010 bo‘yicha har bir partiya sinovdan o‘tkaziladi. 4-jadvalda mahalliy qo‘ndirmalarning import analoglari bilan texnik-iqtisodiy taqqoslamasi keltirilgan.

ISSN 3030-3907

4-jadval.

Mahalliy depressor qo‘ndirmalar va import analoglarining texnik-iqtisodiy taqqoslamasi (2025 yil narxlari va Farg‘ona NQIZ sinov natijalari asosida)

Mezon	Mahalliy sopolimer	Mahalliy kompozit	Keroflux (import, DE)	Izoh
Qotish harorati yaxshilanishi (ΔQh)	−16°C	−16°C	−17°C	Raqobatbardosh
FChH yaxshilanishi (ΔFChH)	−19°C	−14°C	−15°C	Sopolimer ustun
O‘z DSt 989:2010 muvofiqlik	✓ To‘liq	✓ To‘liq	✓ To‘liq	Barcha standartda
Termal barqarorlik (TGA)	220°C gacha	215°C gacha	200°C gacha	Mahalliy ustun
Ishlab chiqarish tannarxi	~2 050 $/t	~1 950 $/t	~4 850 $/t	2,4× arzon
Xomashyo manbai	Mahalliy (ST, MAK)	Mahalliy + Apis M.	Germaniya import	Import qaramligi yo‘q
Ekologik ko‘rsatkich (ball/100)	65/100	95/100	45/100	Kompozit ustun
Biologik parchalanuvchi	Yo‘q	Ha (xitozan)	Yo‘q	Kompozit afzal
Sanoat joriy etish holati	«SEG» MChJ 2026	«SEG» MChJ 2026	Mavjud bozorda	Joriy etish bosqichida

4-jadval ko‘rsatadiki, mahalliy kompozit qo‘ndirma texnik ko‘rsatkichlar jihatidan import analoglariga yaqin (Qh = −28°C, FChH = −20°C), biroq tannarxi (~1 950 $/t) import Keroflux va Viscoplex dan 2,4–2,7 marta past. Bundan tashqari, xitozan tarkibidagi biologik parchalanuvchi komponent tufayli ekologik balli

ISSN 3030-3907

(95/100) import analoglaridan (45/100) sezilarli yuqori. «SEG» MChJda o‘tkazilgan ishlab chiqarish sinovlari (2025 yil sentyabr) barcha standart ko‘rsatkichlarga muvofiqligi tasdiqladi.

XULOSA.

Ushbu dissertatsiya doirasida olib borilgan kompleks tadqiqot natijalari bo‘yicha quyidagi asosiy xulosalar chiqarildi:

1. Sopolimerlanish optimal sharoiti aniqlandi: ST:MAK = 1:1 mol nisbati, harorat 75°C, DAK 0,5%, vaqt 3 soat — sopolimer unumi 89,2%, MM = 24,5 kDa, dispersilik 1,85. IQ va YaMR spektroskopiya tuzilishini, TGA — 220°C gacha barqarorligini tasdiqladi.

2. Apis Mellifera qobig‘idan deatsetillanish darajasi DA = 85–88%, MM ~103 kDa bo‘lgan yuqori sifatli ekologik toza xitozan olindi. Ari qobiqlari O‘zbekistonda arzon va barqaror xomashyo manbai ekanligi isbotlandi.

3. Sopolimerning 0,25% miqdori biodizel qotish haroratini 16°C, FChH ni 19°C ga pasaytirdi. Sopolimer:xitozan = 2:1 kompozitining 0,30% miqdori sinergizm ta'siri asosida ΔQh = 16°C, ΔFChH = 14°C ko‘rsatdi. Barcha natijalar O‘z DSt 989:2010 standartini qanoatlantirdi.

4. IQ spektroskopiya sopolimer (–COOH) va xitozan ($–NH_2$) orasidagi vodorod bog‘lari va ion ta'sirini tasdiqladi — sinergizm effektining kimyoviy mexanizmi ilmiy asoslandi.

5. To‘rt bosqichli resurstejamkor texnologik sxema ishlab chiqildi. Mahalliy xomashyo bazasida 1 tonna qo‘ndirma tannarxi ~1 950 $/t — import analoglaridan 2,4 marta past. Ekologik ko‘rsatkich (95/100) import analoglaridan ikki baravar yuqori.

6. «SEG» MChJda sanoat sinovlari muvaffaqiyatli yakunlandi. Tadqiqot natijalari O‘zbekistonda biodizel sifatini EURO-5 standartiga yaqinlashtirish va dizel yoqilg‘isi uchun import qo‘ndirmalariga qaramlikni bartaraf etishga hissa qo‘shadi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Hoekman S.K., Broch A., Robbins C. Review of biodiesel composition, properties and specifications. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012, 16(1), 143–169.

2. Pradana Y.S. et al. A Review of Biodiesel Cold Flow Properties and Its Improvement Methods: Towards Sustainable Biodiesel Application. Energies, 2024, 17(18), 4543.

3. Hazrat M.A., Rasul M.G., Khan M.M.K. A Mini Review on the Cold Flow Properties of Biodiesel and its Blends. Frontiers in Energy Research, 2020, 8, 598651.

ISSN 3030-3907

4. Monirul I.M. et al. A comprehensive review on biodiesel cold flow properties and oxidation stability. RSC Advances, 2015, 5(105), 86631–86655.
5. Younes I., Rinaudo M. Chitin and Chitosan Preparation from Marine Sources. Marine Drugs, 2015, 13(3), 1133–1174.
6. Amran N.A., Bello U., Ruslan M.S.H. The role of antioxidants in improving biodiesel's oxidation stability and cold flow properties. Heliyon, 2022, 8(7), e09846.
7. Zhang Y. et al. Comprehensive Review of Properties, Performance, Combustion, and Emissions of Biodiesel Engine. Processes, 2022, 10(6), 1178.
8. Gebremariam S.N. Biodiesel as a transport fuel, advantages and disadvantages: A review. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 2023, 17(5), 1445–1456.
9. Ixtiyarova G.A., Saidov J.E. Xitozan asosidagi qo‘ndirmalar sintezi va xossalari. O‘zbek kimyo jurnali, 2024, №3, 45–52.
10. O‘z DSt 989:2010. Dizel yoqilg‘isi. Texnik talablar va sinov usullari. Toshkent: O‘zstandart, 2010.

ISSN 3030-3907