



MOCHEVINO-FORMALDEGID SMOLASI, KRAXMAL VA MELAMIN ASOSIDA OLINGAN KOMPOZITSION YELIMLOVCHI KOMPOZITSIYANING IQ VA SEM TAHLILI

**Jalilov Sherali Nekboevich,
Ganiyev Baxtiyor Shukurulloyevich**

Buxoro davlat universiteti

Nuriddinova Gulro'y Amriddinovna

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti

Annotatsiya: Ushbu maqolada mochevina-formaldegid (MF) smolasi, kraxmal va melamin asosida modifikatsiyalash yo'li bilan olingan kompozitsion yog'och-plita materiallarining infratizil (IQ) spektroskopiya va skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) usullari yordamida o'rganilgan molekulyar tuzilishi va morfologik xususiyatlari bayon etilgan. IQ spektroskopiya tahlili asosida melamin va kraxmal qo'shimchalarining MF smolasi makromolekulalari bilan kimyoviy bog'lanishi tasdiqlandi. Triazin halqasiga xos $810\text{--}830\text{ sm}^{-1}$ dagi yutilish cho'qqisi melaminning faol ishtirokini, $1210\text{--}1260\text{ sm}^{-1}$ dagi C–O–tebranishlariga xos signal esa kraxmalning kompozit tarkibiga kirganligi ko'rsatdi. SEM tahlili boshlang'ich MF matritsasi (zarracha o'lchami $120\text{--}350\text{ mkm}$, silliq amorf morfologiya) sezilarli farq qiluvchi geterogen ko'p fazali mikrostrukturani (zarracha fraksiyalari $40\text{--}150$ va $250\text{--}500\text{ mkm}$) aniqladi. Olingan natijalar modifikatsiya mexanizmini ilmiy asoslaydi va yog'och sanoatida keng qo'llaniladigan kompozitsion plita materiallarining xossalari optimallashtirish uchun muhim ma'lumotlar taqdim etadi.

Kalit so'zlar: mochevina-formaldegid smolasi, melamin, kraxmal, IQ spektroskopiya, SEM tahlili, yog'och-plita kompozit, modifikatsiya, morfologiya.

Аннотация: В данной статье представлены результаты исследования молекулярной структуры и морфологических особенностей композиционных древесно-плитных материалов, полученных путём модификации мочевиноформальдегидной (МФ) смолы с использованием крахмала и меламина, методами инфракрасной (ИК) спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). На основании анализа ИК-спектров подтверждено химическое взаимодействие добавок меламина и крахмала с макромолекулами МФ-смолы. Полоса поглощения при $810\text{--}830\text{ см}^{-1}$, характерная для триазинового кольца, свидетельствует об активном участии меламина, тогда как сигнал в области $1210\text{--}1260\text{ см}^{-1}$, соответствующий колебаниям C–O, указывает на включение крахмала в состав композита. СЭМ-анализ выявил гетерогенную многофазную микроструктуру с фракциями частиц размером $40\text{--}150$ и $250\text{--}500\text{ мкм}$, существенно отличающуюся от исходной МФ-матрицы, характеризующейся гладкой аморфной морфологией и размерами частиц $120\text{--}350\text{ мкм}$. Полученные результаты научно обосновывают механизм модификации и предоставляют важные сведения для оптимизации свойств.



КОМПОЗИЦИОННЫХ древесно-плитных материалов, широко применяемых в деревообрабатывающей промышленности.

Ключевые слова: мочевиноформальдегидная смола, меламин, крахмал, ИК-спектроскопия, СЭМ-анализ, древесно-плитный композит, модификация, морфология.

Abstract: This article presents the molecular structure and morphological characteristics of composite wood-based panel materials obtained by modifying urea-formaldehyde (UF) resin with melamine and starch. The materials were investigated using infrared (IR) spectroscopy and scanning electron microscopy (SEM). IR spectroscopic analysis confirmed the chemical interaction of melamine and starch additives with the macromolecules of the UF resin. The absorption band observed at $810\text{--}830\text{ cm}^{-1}$, characteristic of the triazine ring, indicates the active participation of melamine in the polymer network, whereas the signal at $1210\text{--}1260\text{ cm}^{-1}$, associated with C–O vibrations, confirms the incorporation of starch into the composite structure. SEM analysis revealed a heterogeneous multiphase microstructure that differs significantly from the initial UF matrix, which is characterized by particle sizes of $120\text{--}350\text{ }\mu\text{m}$ and a smooth amorphous morphology. In the modified composite, particle fractions ranging from $40\text{--}150\text{ }\mu\text{m}$ and $250\text{--}500\text{ }\mu\text{m}$ were identified. The obtained results provide a scientific basis for understanding the modification mechanism and offer important insights for optimizing the properties of composite panel materials widely used in the wood-processing industry.

Keywords: urea-formaldehyde resin, melamine, starch, infrared spectroscopy, SEM analysis, wood-based composite panels, modification, morphology.

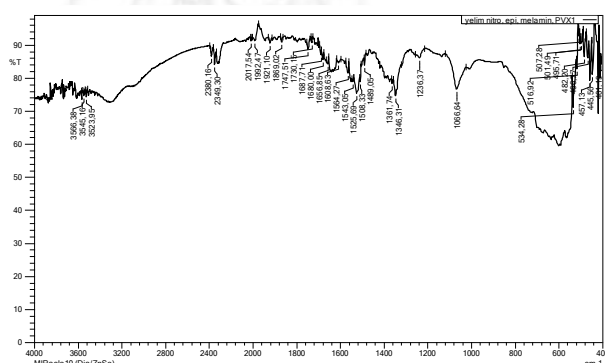
Mochevina-formaldegid (MF) smolalari yog'och-plastik plita materiallarini yelimlashda eng ko'p ishlatiladigan polimer bog'lovchilar bo'lib, jahon bozorida yelimlovchi materiallarning taxminan 75 foizini tashkil etadi [1]. Biroq modifikatsiyalanmagan MF smolasining asosiy kamchiliklari - past suvga chidamliligi, nisbatan sekin qotish kinetikasi va issiqlikka bardoshligining yetarli emasligi - uni yuqori talablar qo'yiladigan qurilish va mebel sanoatidagi qo'llashlar uchun cheklaydi [2].

Melamin va kraxmal kabi polifunksional organik modifikatorlar bilan MF smolasini modifikatsiyalash ushbu kamchiliklarni bartaraf etishning ilmiy asoslangan usuli hisoblanadi. Melamin - uch funksional triazin birikma bo'lib, MF matritsasi bilan kuchli kimyoviy ko'ndala bog'lar hosil qilib, termik barqarorlikni va suvga chidamlilikni oshiradi [3]. Kraxmal esa sholi qipidlari yoki makkajo'xoridan ajratib olinadigan tabiiy polimer birikma bo'lib, gidroksil guruhlar tufayli MF makromolekulalari bilan vodorod bog'lari hosil qilib, polimer tarmog'ining zichligini oshirishga hissa qo'shadi [4].

Ushbu tadqiqotning maqsadi melamin va kraxmal asosida modifikatsiyalangan MF smolasini o'z ichiga olgan yog'och-plita kompozitsion materiallarning molekulyar tuzilishini IQ spektroskopiya va morfologik xususiyatlarini SEM usuli yordamida o'rganishdan iborat. Olingan natijalar modifikatsiya mexanizmini ilmiy asoslash va plita materiallarining xossalari optimallashtirish uchun zaruriy ma'lumotlarni taqdim etadi.

Tadqiqot ob'ekti sifatida KF-MT markasidagi mochevina-formaldegid smolasi (0,2–0,3% suvli formaldegid), melamin ($C_3H_6N_6$) va kraxmal ($(C_6H_{10}O_5)_n$) ishlatildi. Kompozitsiya tayyorlashda birinchi bosqichda 35–38% formaldegid va 62–65% suv aralashtirildi, karbamid qo'shildi va pH 7,8–8,3 bo'lguncha NaOH 1% li eritmasi tomizildi. 85–95°C da 50–60 daqiqa polikondensatsiyadan so'ng harorat 45–55°C ga tushirildi; keyin 2:1 nisbatdagi epixlorgidrin va oldindan jelatinlangan kraxmalning suvli suspenziyasi qo'shildi, 40–50 daqiqa 60–65°C da aralashtirildi. 0,1–0,3 mass qism melamin tomizildi va pH 7,3–7,7 gacha keltildi (Patent UZ № IAP 8380) [5].

IQ spektrlari KBr ko'rinish usulida 400–4000 cm^{-1} diapazonida IR-Tracer-100 spektrometri yordamida olingan. SEM tahlili TESCAN MIRA3 skanerlovchi elektron mikroskopida amalga oshirildi; namunalar oldindan oltin bilan qoplandi. Morfologik tahlil uchun namunalar suyuq azotda muzlatib sindirildi va yorilish yuzalari tekshirildi.



1-rasm. MF, melamin, kraxmal va EPXG asosidagi yelimlovchi kompozit IQ spektri

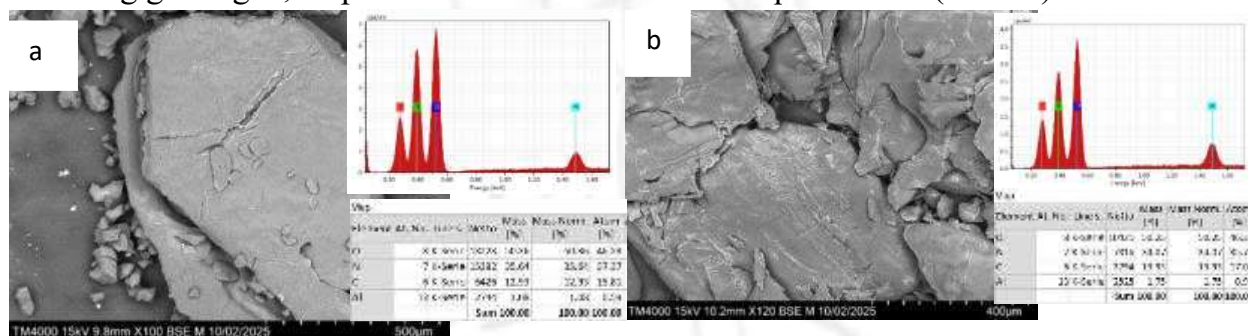
Melamin va kraxmal asosida modifikatsiyalangan MF smolasi kompozitining IQ spektri tahlili asosiy funksional guruhlarining sezilarli o'zgarishlarini ko'rsatdi. 3300–3400 cm^{-1} sohasidagi –NH va –OH guruhlariga xos yutilish cho'qqilarining kengayishi va intensivligining ortishi modifikatsiyalangan kompozitsiyada vodorod bog'lanishlar sonining ko'payganini anglatadi [6]. Bu holat molekulararo o'zaro ta'sirlarning kuchayishiga va mexanik mustahkamlikning oshishiga sabab bo'ladi. 810–830 cm^{-1} sohasida triazin halqasiga xos yutilish cho'qqilarining paydo bo'lishi melaminning uch o'lchamli to'r struktura hosil qilishda faol ishtirok etganini ko'rsatadi (1-rasm). 1210–1260 cm^{-1} dagi –C–O–tebranishlariga xos signallarning kuchayishi kraxmal qo'shilishi natijasida yuzaga kelgan. 1100–1150 cm^{-1} sohasida –C–O–C– efir ko'priklariga tegishli kuchli absorbsiya kuzatildi, bu eterifikatsiya jarayonlari faol kechganini tasdiqlaydi [7]. Asosiy yutilish cho'qqilari 1-jadvalda keltirilgan.

SEM tahlili natijalariga ko'ra boshlang'ich MF asosli matritsa nisbatan silliq va zich amorf morfologiya ko'rsatib, asosiy zarracha o'lchamlari 120–350 mkm diapazonida aniqlandi. Melamin va kraxmal bilan modifikatsiyalangan kompozitda esa yuzada qatlamlangan plastinkasimon va agregatlangan strukturalar paydo bo'lib, zarracha fraksiyalari 40–150 mkm (mayda dispers faza) va 250–500 mkm (yirik kristallit agregatlar) oralig'ida belgilandi.

Melamin va kraxmal asosida modifikatsiyalangan MF smolasi kompozitining IQ spektridagi asosiy yutilish cho'qqilari

To'lqin soni, sm^{-1}	Bog' turi va guruh	Intensivlik o'zgarishi
3300–3400	–NH va –OH valent tebranishlari (vodorod bog')	Kengaygan, yuqori
3338	–CO–NH– va –OH bog'lar	Kuchli
1680–1640	C=O karbonil guruhlari (amid I)	Intensiv
1627	NH – ikkilamchi amin guruh	O'rtacha
1540–1560	Amid II guruhi (C–N–C)	O'rtacha
1439	–CH ₂ – deformatsion tebranishlari	O'rtacha
1210–1260	–C–O– tebranishlari (kraxmal, ikkilamchi OH)	Kuchaygan
1139–1033	–C–O–C– efir ko'priklari	Kuchli
915	Epoksid halqasi (epixlorgidrin ta'siridan)	Yangi cho'qqi
810–830	Triazin halqasi (melamindan)	Aniq cho'qqi
553–782	C–H tekislikdan tashqari deformatsion	O'rtacha

Morfologik tuzilishning bunday ikki xil fraksiyaga ajralishi qo'shimcha komponentlar (melamin, kraxmal) bilan hosil bo'lgan geterogen ko'p fazali kompozit struktura mavjudligini tasdiqlaydi. Mayda dispers faza asosan melaminning MF makromolekulalari bilan kondensatsiyalashuvidan hosil bo'lgan kristall triazin domenlarini, yirik agregatlar esa kraxmal molekulalari orasidagi vodorod bog'lari va retrogradatsiya jarayoni natijasida hosil bo'lgan kristall agregatlarni ifodalaydi deb taxmin qilinadi. SEM natijalari modifikatsiyalangan namuna mikrostrukturasi boshlang'ich smoladan sezilarli farq qilishini va ularning geterogen, ko'p fazali materiallar ekanini aniq ko'rsatadi (2-rasm).



2-rasm. MF/melamin va MF/melamin-kraxmal kompozitlarining SEM da olingan tasvirlari.

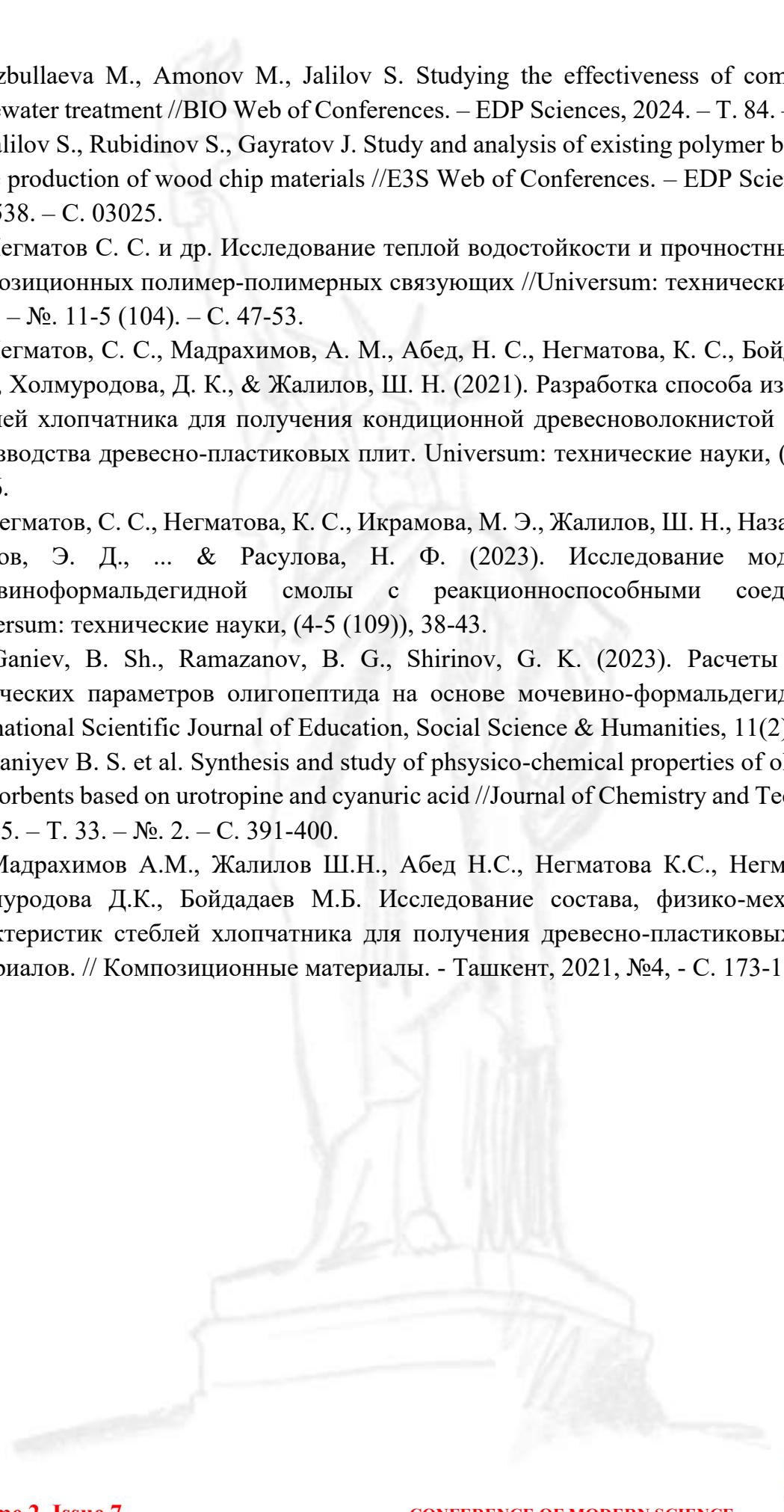
Mochevina-formaldegid smolasini melamin va kraxmal asosida modifikatsiyalash natijasida olingan yog'och-plita kompozitsion materiallarining IQ spektroskopiya va SEM



tahlili quyidagi asosiy xulosalar chiqarishga imkon beradi. IQ tahlili melamin (triazin halqasi, 810–830 sm^{-1}) va kraxmal ($-\text{C}-\text{O}-$ tebranishlari, 1210–1260 sm^{-1}) fragmentlarining MF matritsasi bilan kimyoviy bog'langanini ishonchli tasdiqladi. Vodorod bog'lari tizimining kuchayishi (3300–3400 sm^{-1}) va efir ko'priklarining ko'payishi (1100–1150 sm^{-1}) yuqori ko'ndala bog'lar zichligi bilan xarakterlanadigan barqaror polimer tarmoq hosil bo'lganini ko'rsatdi. SEM geterogen ikki fraksiyalı mikrostruktura (40–150 va 250–500 mkm) aniqladi, bu modifikatsiyalangan kompozitning ko'p fazali tabiati bilan izohlanadi. Olingan natijalar yog'och-plita materiallarining termik barqarorligi va mexanik mustahkamligini oshirish uchun melamin va kraxmal asosidagi modifikatsiyaning ilmiy asosiligi va amaliy samaradorligini tasdiqlaydi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Jalilov Sh.N., Amonov M.R. Mochevina–formaldegid smolasini melamin asosida modifikatsiyalash va uning xossalarini IQ va SEM usullari orqali o'rganish // Xalqaro ilmiy-texnik anjuman materiallari. – 2025. – S. 218.
2. Negmatov S.S. va boshq. Mochevina-formaldegid smolasini reaksiyon faol birikmalar bilan modifikatsiyalashni o'rganish // Kompozitsion materiallar. – 2023. – №3. – S. 9–12.
3. Jalilov Sh.N., Nazarov S.I., Razzaqov H.Q. Mochevina-formaldegid smolasini modifikatsiyalash va uni qurilish yog'och-plastik kompozitsion plita materiallarini ishlab chiqarishda qo'llash. – Buxoro: Durdona, 2024. – 112 b.
4. Jalilov Sh.N. va boshq. Patent UZ № IAP 8380. Yog'och-plastik kompozitsion plita materiallari tayyorlash uchun yelim olish usuli. 02.06.2025.
5. Jalilov Sh.N., Amonov M.R., Rasulova N.F. Mochevina–formaldegid smolasini melamin va epixlorgidrin asosida modifikatsiyalash orqali olingan yelimlovchi kompozitning sintez va IQ tahlilini o'rganish // Kompozitsion materiallar. – 2025. – №4. – S. 221–223.
6. Jalilov Sh.N., Kilichov Z.Z., Rasulova N.F. Kvantovo-kimyoviy tadqiqot MF-benzilxlorid-epixlorgidrin asosidagi polimer kompozit // Development of Science. – 2025. – 11(6). – S. 311–324.
7. Ходжаева Д.Н., Негматов С.С. и др. Исследование структуры и физико-химических свойств антипиренов применительно к получению трудногорючих ДПК плитных материалов // Композиционные материалы. – 2024. – №1. – С. 291–293.
8. Ganiev, B. Sh., Ramazanov, B. G., Shirinov, G. K. (2023). Расчеты квантово-химических параметров олигопептида на основе мочевино-формальдегида. Finland International Scientific Journal of Education, Social Science & Humanities, 11(2), 201–213.
9. Ganiyev B. S. et al. Synthesis and study of phsysico-chemical properties of oligo (poly)-mer sorbents based on urotropine and cyanuric acid // Journal of Chemistry and Technologies. – 2025. – T. 33. – №. 2. – С. 391-400.
10. Amrullaev, A. et al.: Synthesis and study sorption properties oligo (poly)-mer sorbents based on urea-formaldehyde and cyanuric acid. BIO Web of Conferences 130, 06004 (2024).

- 
- 
11. Izbullaeva M., Amonov M., Jalilov S. Studying the effectiveness of comprehensive wastewater treatment //BIO Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 84. – С. 05022.
12. Jalilov S., Rubidinov S., Gayratov J. Study and analysis of existing polymer binders used in the production of wood chip materials //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 538. – С. 03025.
12. Негматов С. С. и др. Исследование теплой водостойкости и прочностных свойств композиционных полимер-полимерных связующих //Universum: технические науки. – 2022. – №. 11-5 (104). – С. 47-53.
13. Негматов, С. С., Мадрахимов, А. М., Абед, Н. С., Негматова, К. С., Бойдадаев, М. Б. У., Холмуродова, Д. К., & Жалилов, Ш. Н. (2021). Разработка способа измельчения стеблей хлопчатника для получения кондиционной древесноволокнистой массы для производства древесно-пластиковых плит. Universum: технические науки, (11-1 (92)), 80-86.
14. Негматов, С. С., Негматова, К. С., Икрамова, М. Э., Жалилов, Ш. Н., Назаров, С. И., Ниёзов, Э. Д., ... & Расулова, Н. Ф. (2023). Исследование модификации мочевиноформальдегидной смолы с реакционноспособными соединениями. Universum: технические науки, (4-5 (109)), 38-43.
15. Ganiev, B. Sh., Ramazanov, B. G., Shirinov, G. K. (2023). Расчеты квантово-химических параметров олигопептида на основе мочевино-формальдегида. Finland International Scientific Journal of Education, Social Science & Humanities, 11(2), 201–213.
16. Ganiyev B. S. et al. Synthesis and study of phsysico-chemical properties of oligo (poly)-mer sorbents based on urotropine and cyanuric acid //Journal of Chemistry and Technologies. – 2025. – Т. 33. – №. 2. – С. 391-400.
17. Мадрахимов А.М., Жалилов Ш.Н., Абед Н.С., Негматова К.С., Негматов С.С., Холмуродова Д.К., Бойдадаев М.Б. Исследование состава, физико-механических характеристик стеблей хлопчатника для получения древесно-пластиковых плитных материалов. // Композиционные материалы. - Ташкент, 2021, №4, - С. 173-175.