

UO'T 674.815-41:620.187

**IMPORT QILINUVCHI YOG'UCH-KOMPOZIT PANEL MATERIALLARI  
MIKROSTRUKTURASI VA G'OVAKLILIK DARAJASINING QIYOSIY SEM TAHLILI**

**D.Xodjikariyev**

**M.Xamroqulov**

**L.Ziyodova**

**Z.Sayfullayeva**

**G.Xamrakulov**

Tashkent Chemical-Technological Institute, Tashkent.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20214922>

**Annotatsiya.** Maqolada O'zbekiston Respublikasi bozorida keng tarqalgan yog'ochga asoslangan panel materiallar — yog'och qirindili plitalar (DSP), laminatlangan yog'och qirindili plitalar (LDSP), o'rta zichlikdagi yog'och tolali plitalar (MDF) va laminatlangan MDF (LMDF) namunalarning mikrostrukturasi qiyosiy tahlil qilingan. Tadqiqotda Rossiya, Eron va Yevropa Ittifoqi davlatlari ishlab chiqaruvchilaridan olingan yetti turdagi namuna skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) usuli yordamida  $\times 100$  dan  $\times 6000$  gacha kattalashtirishlarda o'rganildi va jami 95 ta mikrofotografiya tahlil qilindi. Mikrostrukturaviy parametrlar — qirindilar/tolalar joylashuvi tartibliligi, smola taqsimoti tekisligi, qirindi-smola chegarasi mustahkamligi, g'ovaklik darajasi, yuza laminatsiya qatlami sifati va yog'ochning anatomik tuzilishi saqlanganligi 5-balli shkalada baholanib, namunalarning umumiy sifat reytingi tuzildi. Olingan natijalarga ko'ra eng yuqori ko'rsatkichlar Yevropa LMDF va LDSP namunasiga (30/30 ball), eng past ko'rsatkichlar Rossiya DSP namunasiga (6/30 ball) tegishli ekanligi aniqlandi. Aniqlangan farqlar ishlab chiqarish texnologiyasining zamonaviyligi, qo'llanilayotgan smola tarkibi va xom ashyo sifati bilan bog'liq. Olingan natijalar import qilinadigan panel materiallarni baholashda hamda mahalliy ishlab chiqarish uchun sifat me'yorlarini belgilashda asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

**Kalit so'zlar:** yog'och qirindili plita, MDF, LMDF, LDSP, skanerlovchi elektron mikroskopiya, mikrostruktura, smola taqsimoti, g'ovaklik, naychasimon hujayra (traxeida), panel materiallar sifati.

**Аннотация.** В работе представлен сравнительный анализ микроструктуры древесно-плитных материалов — древесно-стружечных плит (ДСП), ламинированных древесно-стружечных плит (ЛДСП), древесно-волокнистых плит средней плотности (МДФ) и ламинированных МДФ (ЛМДФ), широко представленных на рынке Республики Узбекистан. Исследованы семь видов образцов от производителей России, Ирана и стран Европейского Союза методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) при увеличениях от  $\times 100$  до  $\times 6000$ ; в общей сложности проанализировано 95 микрофотографий. По микроструктурным параметрам — упорядоченности расположения стружек/волокон, равномерности распределения смолы, прочности границы стружка-смола, пористости, качеству поверхностного ламинационного слоя и сохранности анатомического строения древесины — проведена балльная оценка по 5-балльной шкале и составлен общий рейтинг качества образцов.

Установлено, что наивысшие показатели имеют европейские образцы ЛМДФ и ЛДСП (30/30 баллов), а наименьшие — российский ДСП (6/30 баллов). Выявленные различия обусловлены уровнем производственной технологии, составом применяемой смолы и качеством исходного сырья. Полученные результаты могут быть использованы при оценке импортируемых панельных материалов, а также при разработке нормативных требований к качеству местного производства.

**Ключевые слова:** древесно-стружечная плита, МДФ, ЛМДФ, ЛДСП, сканирующая электронная микроскопия, микроструктура, распределение смолы, пористость, трахеида, качество панельных материалов.

**Abstract.** This paper presents a comparative analysis of the microstructure of wood-based panel materials — particleboard (PB), laminated particleboard (LPB), medium-density fibreboard (MDF) and laminated MDF (LMDF) — widely used in the market of the Republic of Uzbekistan. Seven types of samples obtained from manufacturers in Russia, Iran and the European Union were examined by scanning electron microscopy (SEM) at magnifications ranging from  $\times 100$  to  $\times 6000$ , with a total of 95 micrographs analysed. Microstructural parameters — orderliness of particle/fibre arrangement, uniformity of resin distribution, strength of the particle–resin interface, porosity, quality of the surface lamination layer, and preservation of the anatomical structure of wood — were assessed on a 5-point scale, and an overall quality rating of the samples was compiled. The results showed that the European LMDF and LPB samples exhibited the highest quality (30/30 points), whereas the Russian PB sample showed the lowest (6/30 points). The observed differences are attributed to the level of manufacturing technology, the composition of the resin used and the quality of the raw material. The findings obtained can be used to evaluate imported panel materials, as well as to establish quality requirements for local production.

**Key words:** particleboard, laminated particleboard, MDF, LMDF, scanning electron microscopy, microstructure, resin distribution, porosity, tracheid, panel materials quality.

## KIRISH

Yog'ochga asoslangan kompozit panel materiallar — yog'och qirindili plitalar (DSP), laminatlangan yog'och qirindili plitalar (LDSP), o'rta zichlikdagi yog'och tolali plitalar (MDF) va ularning laminatlangan turlari (LMDF) — zamonaviy mebel sanoati, qurilish va ichki bezak ishlarida keng qo'llaniladigan asosiy materiallardir [1, 2]. Bu materiallar tabiiy yog'ochga nisbatan bir qator afzalliklarga ega: arzon narx, kattaroq o'lchamdagi panellar olish imkoniyati, mexanik xossalarning bir tekisligi, hamda chiqindi yog'och xom ashyosini qayta ishlatish imkoniyati [3].

So'nggi yillarda O'zbekiston Respublikasida mebel va qurilish materiallari sanoati jadal rivojlanmoqda. Mahalliy bozorda Rossiya Federatsiyasi, Eron Islom Respublikasi va Yevropa Ittifoqi davlatlaridan import qilinadigan panel materiallar keng tarqalgan. Biroq, ushbu materiallarning sifat ko'rsatkichlari — mexanik mustahkamligi, formaldegid emissiyasi darajasi, namlik mustahkamligi, yuza laminatsiyasining bardoshliligi — turli ishlab chiqaruvchilarda jiddiy tarzda farqlanadi [4]. Bu farqlarni izohlash uchun panel materiallarning ichki mikrostrukturasini chuqur o'rganish zaruriy ahamiyat kasb etadi.

Skannerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) zamonaviy materiallarshunoslikda yog'ochga asoslangan kompozitlarning ichki tuzilishini o'rganishning eng samarali usullaridan biri sanaladi [5, 6]. SEM yordamida qirindilar/tolalar joylashuvi, smola taqsimoti, qirindi va smola orasidagi chegara sifati, makro- va mikrog'ovaklar hosil bo'lishi, hamda yog'och hujayralarining anatomik tuzilishi (naychasimon hujayralar, ramkali teshikchalar, teshikli plastinkalar, spiralsimon o'ralgan elementlar) yuqori aniqlikda kuzatilishi mumkin. Aynan ushbu mikrostrukturaviy parametrlar materialning makroskopik xossalarini bevosita belgilab beradi [7].

Adabiyotlar tahliliga ko'ra, yog'och kompozitlarining mikrostrukturasi va makroskopik xossalari o'rtasidagi bog'liqlik bo'yicha ko'plab tadqiqotlar o'tkazilgan [8, 9]. Maloney klassik monografiyasida [1] DSP va MDF ishlab chiqarish texnologiyalarini tafsilli yoritgan. Dunky va Niemz [10] aminoplastlarga asoslangan kleylar (UF, MUF, MF) ning yog'och kompozitlardagi rolini o'rgangan. Park va boshqalar [11] SEM tahlili yordamida HDF va MDF orasidagi mikrostrukturaviy farqlarni aniqlagan. Biroq, ayrim mamlakatlar ishlab chiqaruvchilariga tegishli panel materiallarning bir vaqtda o'tkazilgan qiyosiy SEM tahlili adabiyotda kam uchraydi.

Tadqiqot maqsadi — Rossiya, Eron va Yevropa Ittifoqi davlatlari ishlab chiqaruvchilaridan olingan yetti turdagi panel materiallarning (DSP, LDSP, MDF, LMDF) ichki mikrostrukturasi SEM yordamida qiyosiy o'rganish, mikrostrukturaviy parametrlarni miqdoriy va sifatiy baholash, hamda olingan natijalar asosida sifat reytingini tuzishdan iborat.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi: birinchi marta mahalliy bozorda eng ko'p uchraydigan yetti turdagi panel materiallarning mikrostrukturaviy ko'rsatkichlari yagona uslub doirasida qiyosiy tahlil qilindi va sifat reytingi ishlab chiqildi.

**TADQIQOT OBYEKTlARI VA METODLARI**

*Tadqiqot ob'yektlari.* Tadqiqotda yetti turdagi yog'ochga asoslangan panel materiallar namunalari tanlandi. Namunalar ayrim ishlab chiqaruvchi mamlakatlardan (Rossiya, Eron va Yevropa Ittifoqi davlatlari) olindi. Namunalar ro'yxati 1-jadvalda keltirilgan.

**1-jadval**

*Tadqiqot uchun olingan namunalar ro'yxati*

№	Namuna turi	Mamlakat	SEM tasvirlar soni	Asosiy belgilanishi
1	DSP	Rossiya	12	Yog'och qirindili plita, laminatlanmagan
2	LDSP	Rossiya	14	Laminatlangan yog'och qirindili plita
3	DSP	Eron	12	Yog'och qirindili plita, laminatlanmagan
4	DSP	Yevropa	15	Yog'och qirindili plita, laminatlanmagan
5	LDSP	Yevropa	13	Laminatlangan yog'och qirindili

				plita
6	MDF	Yevropa	10	O'rta zichlikdagi yog'och tolali plita
7	LMDF	Yevropa	10	Laminatlangan o'rta zichlikdagi yog'och tolali plita
Jami	7 turdagi	3 mamlakat	95	—

**Namunalarni tayyorlash.** Har bir panel materialdan taxminan 5×5×5 mm o'lchamdagi kub shaklidagi namunalar o'tkir keramik pichoq yordamida kesib olindi. Namunalarni kesish jarayonida ortiqcha mexanik bosim qo'llanmadi — bu mikrostrukturaning buzilishidan saqlash uchun zarur edi. Sinish yuzasi tahlilga tayyorlanib, sirdagi yog'och tolalari va qirindilari tabiiy holatda yaxshi ko'rinishi uchun namuna toza sindirish usuli yordamida, qo'shimcha mexanik ishlovsiz ochildi. Namunalar o'tkazuvchanlik xossasini ta'minlash uchun ikki tomonlama o'tkazuvchi yopishqoq uglerod lenta yordamida alyuminiy ushlagich-diskka mahkamlandi.

Namunalarning yuzasi qo'shimcha metall qoplama bilan qoplanmadi — o'lchovlar past tezlatuvchi kuchlanishda (5,0 kV) bajarilganligi sababli zaryadlanish effekti minimal darajada bo'ldi.

**SEM o'lchovlari.** Skanerlovchi elektron mikroskopiya tahlillari O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Polimerlar Kimyosi va Fizikasi Instituti laboratoriyasida amalga oshirildi. O'lchov parametrlari quyidagicha tanlandi: detektor turi — ikkilamchi elektronlar detektori (SED); tezlatuvchi kuchlanish — 5,0 kV; ishchi masofa — 11,8–13,1 mm oralig'ida; elektron oqim quvvati — standart 35,0; vakuum darajasi — yuqori vakuum; kattalashtirish diapazoni — ×100 dan ×6000 gacha. Har bir namuna bir necha xil joyidan, turli kattalashtirishlarda tasvirga olindi: ×100–×200 (qirindilar/tolalarning umumiy joylashuvi), ×600–×1500 (smola taqsimoti va qirindi-smola chegarasi), ×1000–×2000 (yog'och hujayralari anatomik tuzilishi), ×3000–×6000 (ramkali teshikcha (hujayra devoridagi ikki tomonlama qopqoqli teshik)lar va mikrog'ovaklar).

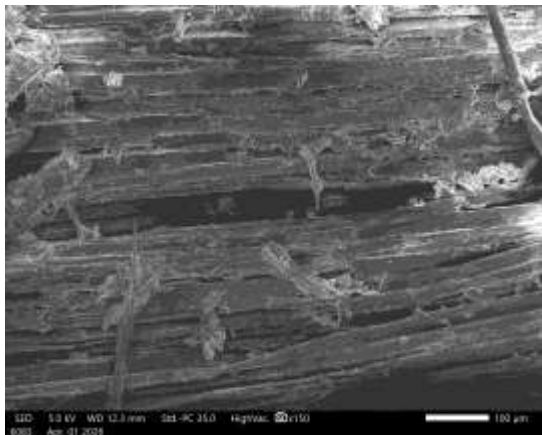
**Tasvirlar tahlili mezonlari.** SEM mikrofoto grafiyalari quyidagi mezonlar bo'yicha 5-balli shkalada baholandi: 1- qirindilar/tolalar joylashuvi tartibligi; 2- smola taqsimoti tekisligi; 3- qirindi-smola chegarasi mustahkamligi; 4- g'ovaklik darajasi; 5 - yuza laminatsiya qatlami sifati (LDSP va LMDF uchun); 6- yog'och anatomik tuzilishining saqlanganligi. Har bir namuna uchun umumiy reyting hisoblab chiqildi.

**NATIJALAR VA MUHOKAMA**

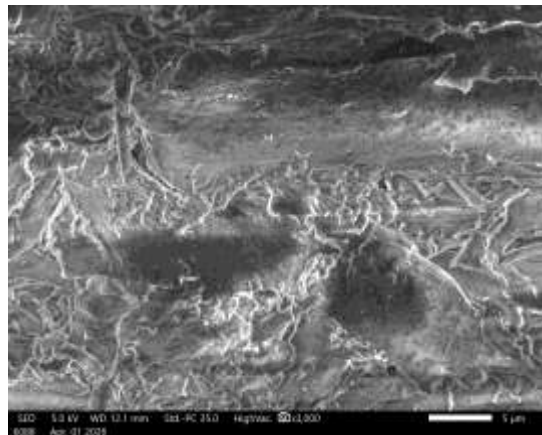
**Rossiya DSP namunasi mikrostrukturasi.** Rossiya ishlab chiqaruvchisidan olingan DSP namunasining SEM tahlili materialning past sifat ko'rsatkichlariga ega ekanligini ko'rsatdi (1-rasm). ×150 va ×300 kattalashtirishlarda yog'och qirindilari tartibsiz va bo'sh joylashgan, ular orasida katta makrog'ovaklar va ochiq bo'shliqlar kuzatildi. Qirindilar uzun va keng bo'lib (taxminan 100–500 μm), ular orasida hech qanday yo'naltirilganlik yo'q. Bu materialning mexanik xossalarning yo'nalishlarga qarab har xil bo'lishini va bir tekisligi pastligini bildiradi. ×600 va ×1500 kattalashtirishlarda smolaning taqsimoti aniqlandi: smola alohida, lokal joylarda to'plangan bo'lib, qirindilar yuzasiga uzluksiz qatlam shaklida yotmagan.



Bu hodisa "smola yetishmovchiligi" deb nomlanadi va past presslash bosimi yoki qisqa presslash vaqti tufayli yuzaga keladi [12].  $\times 3000$  va  $\times 6000$  kattalashtirishlarda hujayra devorlari sirtidagi smola plyonkasi yupqa va uzluksiz emas, bu qirindi-smola chegarasidagi mexanik bog'lanishning zaifligini va qirindi va smola orasida ajralish ehtimolini oshiradi.

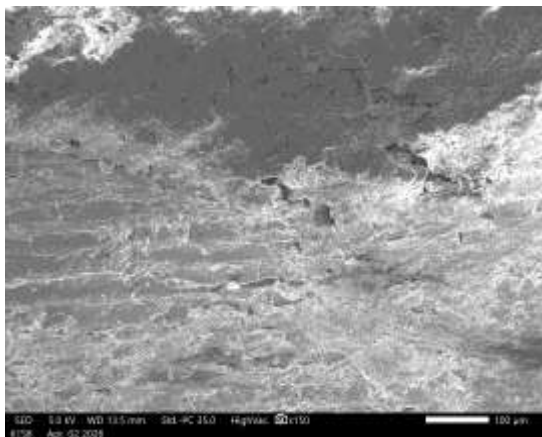


1-rasm. Rossiya DSP,  $\times 150$  kattalashtirish:  
tartibsiz qirindilar joylashuvi va  
makrog'ovaklar

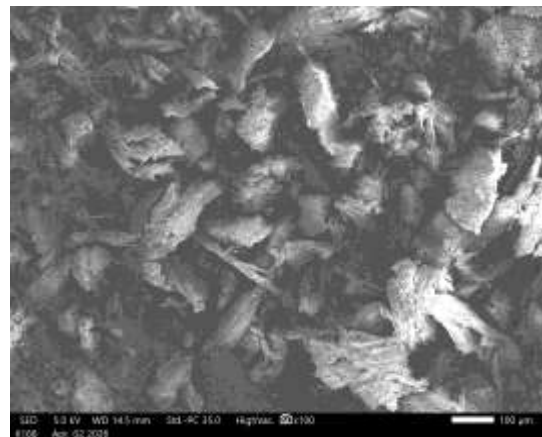


2-rasm. Rossiya DSP,  $\times 3000$  kattalashtirish:  
hujayra devorlarida uzilgan, noaniq smola  
plyonkasi

**Eron DSP namunasi mikrostrukturasi.** Eron ishlab chiqaruvchisidan olingan DSP namunasi Rossiya DSP ga qaraganda nisbatan zichroq, biroq bir jinsli bo'lmagan tuzilishni namoyish etdi (3-rasm).  $\times 150$ – $\times 300$  kattalashtirishlarda qirindilar joylashuvi tartibsiz, lekin bo'shliqlar Rossiya namunasiga qaraganda kichikroq va kamroq edi. Qirindilar oralig'ida o'rtachayirik o'lchamdagi (taxminan 20–100  $\mu\text{m}$ ) g'ovaklar kuzatildi.  $\times 600$  va  $\times 1500$  kattalashtirishlarda smola lokal to'planish hodisasi ko'rindi — ya'ni smola ba'zi joylarda ortiqcha, boshqa joylarda yetishmovchilik bor. Bu o'rtacha sifatidagi smola taqsimotiga to'g'ri keladi (4-rasm).  $\times 3000$  kattalashtirishda qirindi- smola chegarasi yuzasida qirindi va smola orasida ajralish belgilari aniqlandi. Eron DSP ning mikrostrukturasi xos bo'lgan kapillyar-g'ovak tuzilish materialning suvni yuqori darajada yutishini va shishish koeffitsientining katta bo'lishini ko'rsatadi.

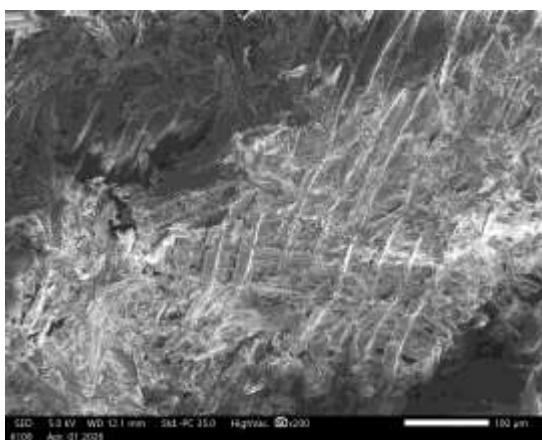


3-rasm. Eron DSP,  $\times 150$  kattalashtirish:  
nisbatan zichlashgan, ammo geterogen tuzilish

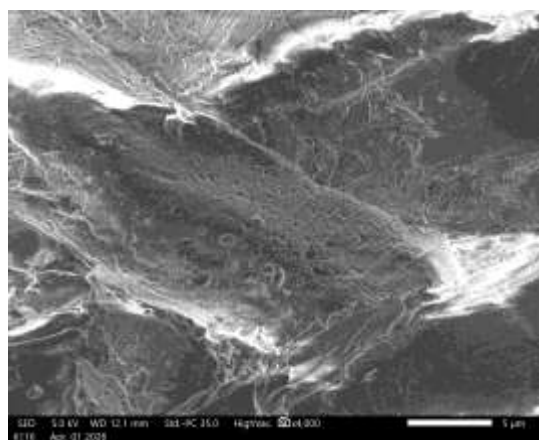


4-rasm. Eron DSP,  $\times 3000$  kattalashtirish:  
smola lokal to'plangan

**Yevropa DSP namunasi mikrostrukturasi.** Yevropa Ittifoqi davlatlaridan olingan DSP namunasi tadqiq qilingan barcha laminatlanmagan DSP namunalari orasida eng yuqori sifatga ega bo'lib chiqdi (5-rasm).  $\times 200$  kattalashtirishda qirindilar zich va tartibli joylashgan, bir xil yo'nalishga (gorizontal) yo'naltirilgan — bu ishlab chiqarish texnologiyasida qirindilarni yo'naltirish bosqichini sifatli bajarilganligini ko'rsatadi. Bo'shliqlar minimal, makrog'ovaklar hosil bo'lishi deyarli yo'q.  $\times 300$ – $\times 500$  kattalashtirishlarda smolaning tekis taqsimoti aniqlandi: smola qirindilar yuzasini uzluksiz va bir jinsli plyonka shaklida qoplab olgan. Bu melamin-karbamid-formaldegid smolasining optimal miqdorda qo'llanilgani va presslash sharoitlari (harorat, bosim, vaqt) to'g'ri tanlanganligini bildiradi [13].  $\times 800$ – $\times 4000$  kattalashtirishlarda yog'och anatomik tuzilishining yuqori darajada saqlanganligi kuzatildi (6-rasm). Yog'och hujayralari (traxeidlar — naychasimon hujayralar), ulardagi ramkali teshikchalar va hujayralar orasidagi o'tkazuvchi plitalar aniq ko'rinadi.

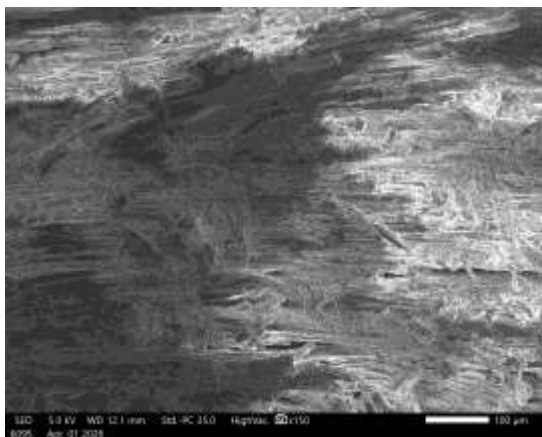


5-rasm. Yevropa DSP,  $\times 200$  kattalashtirish:  
tartibli yo'naltirilgan qirindilar



6-rasm. Yevropa DSP,  $\times 2000$  kattalashtirish:  
ramkali teshikchalar aniq saqlangan

**Rossiya LDSP namunasi mikrostrukturasi.** Rossiya LDSP namunasi laminatsiya qatlamining mavjudligi tufayli laminatlanmagan Rossiya DSP ga qaraganda ancha yaxshi mikrostrukturaviy ko'rsatkichlarni namoyish etdi (7-rasm).  $\times 150$  kattalashtirishda yuza qismida zich, silliq qatlam (taxminan  $50$ – $100\ \mu\text{m}$  qalinlikda) ko'rindi — bu termoreaktiv polimer (odatda melamin-formaldegid plyonka) bilan presslangan dekorativ qatlam. Eng qiziqarli xususiyat  $\times 800$ – $\times 3000$  kattalashtirishlarda aniqlandi: ichki qatlamda yog'och hujayralarining anatomik tuzilishi (naychasimon hujayralar, o'tkazuvchi plitalar, ramkali teshikchalar, spiralsimon o'ralgan hujayra elementlari) juda yaxshi saqlangan.  $\times 3000$  kattalashtirishda naychasimon hujayralar yuzasidagi mayda teshikchalar muntazam tartibda joylashgani aniqlandi (8-rasm).  $\times 2000$  kattalashtirishda spiralsimon qalinlashishlar aniq ko'rinadi — ular yog'ochning sekin o'sgan, zich navlardan olinganligini ko'rsatadi. Smola taqsimoti Rossiya DSP ga qaraganda yaxshiroq, lekin Yevropa namunalari bilan solishtirganda hali ham notekisroq.

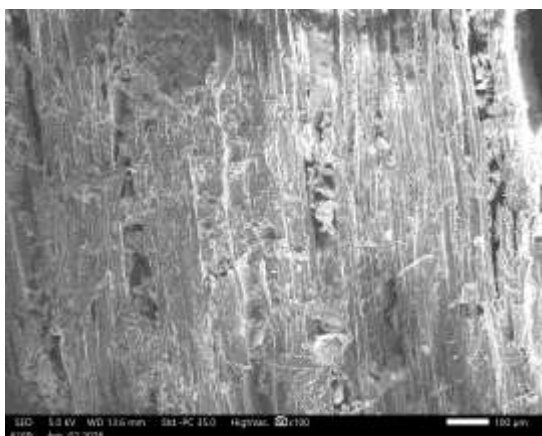


7-rasm. Rossiya LDSP,  $\times 150$  kattalashtirish: yuza laminatsiya qatlami va ichki struktura

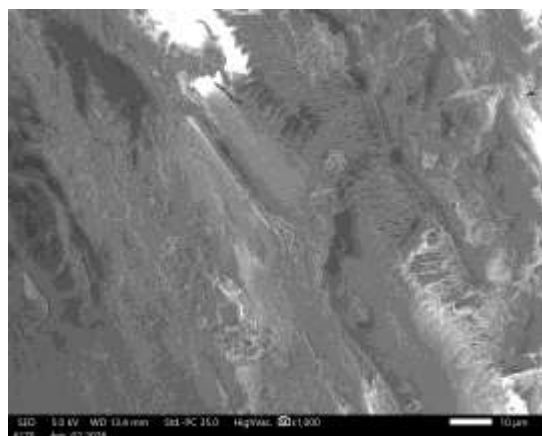


8-rasm. Rossiya LDSP,  $\times 3000$  kattalashtirish: naychasimon hujayra yuzasidagi ramkali teshikchalar to'ri

**Yevropa LDSP namunasi mikrostrukturasi.** Yevropa LDSP namunasi laminatlangan panel materiallar orasida namunaviy sifatga ega bo'lib chiqdi (9-rasm).  $\times 100$  va  $\times 200$  kattalashtirishlarda yuza qismida juda zich, silliq va bir jinsli laminatsiya qatlami ko'rinadi — bu qatlam ichki qismni namlik, mexanik ishqalanish va ultrabinafsha nurlardan samarali himoya qiladi. Laminatsiya qatlami bilan o'zak qismi orasidagi chegara aniq, ammo qatlamlar orasida ajralish belgilari yo'q.  $\times 500$ – $\times 1500$  kattalashtirishlarda ichki qismda qirindilar tartibli joylashgani, smola taqsimoti tekis va g'ovaklik past ekanligi aniqlandi. Yog'och anatomik tuzilishi yaxshi saqlangan:  $\times 500$  da to'liq saqlangan naychasimon hujayralar dastalari, o'tkazuvchi plitalar va spiralsimon o'ralgan hujayra elementlari aniq ko'rinadi (10-rasm). Yopiq go'vak tuzilishi Yevropa LDSP ning xarakterli xususiyati hisoblanadi — bu material suvni minimal darajada yutadi va shishish koeffitsienti past bo'ladi.



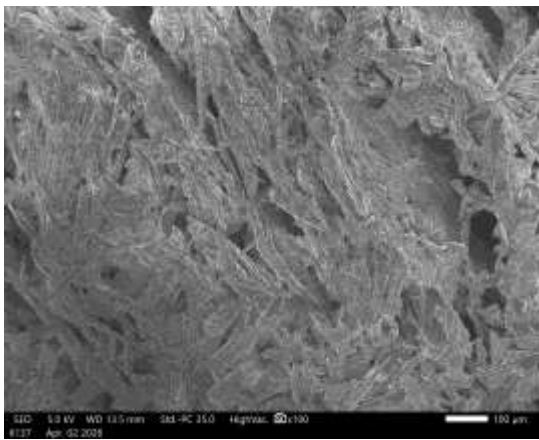
9-rasm. Yevropa LDSP,  $\times 100$  kattalashtirish: yuqori sifatli laminatsiya qatlami



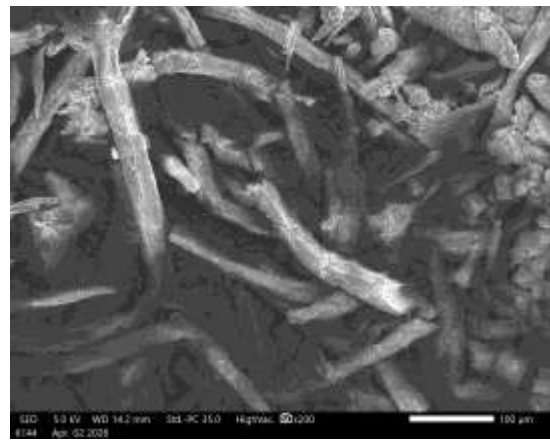
10-rasm. Yevropa LDSP,  $\times 2000$  kattalashtirish: anatomik tuzilishning saqlanganligi



**Yevropa MDF namunasi mikrostrukturasi.** MDF namunasi DSP turlaridan tubdan farqli mikrostrukturaga ega (11-rasm).  $\times 100$  va  $\times 300$  kattalashtirishlarda materialning tolali strukturasi aniq ko'rindi: uzun, ingichka tolalar (taxminan 10–50  $\mu\text{m}$  diametrli, uzunligi 1–5 mm gacha) o'zaro chambarchas bog'langan holda joylashgan. DSP da kuzatilgan kattaroq qirindilarning o'rniga bu yerda ingichka tolalar to'ri ko'rindi — bu MDF ishlab chiqarish texnologiyasiga xos bo'lib, yog'och oldindan termomexanik usulda tolalarga ajratiladi [14].  $\times 500$ – $\times 1000$  kattalashtirishlarda tolalar orasidagi bo'shliqlar kuzatildi — bu MDFning LMDFdan farqli ravishda nisbatan g'ovaklikka ega ekanligini bildiradi. Smola taqsimoti tekis va bir jinsli, biroq tolalar orasidagi bo'shliqlar tufayli o'rtacha g'ovaklik darajasi mavjud.  $\times 2000$  kattalashtirishda alohida tolalarning yuzasi ko'rindi: tolalar uzun, silindrik shaklda, smola bilan yaxshi qoplangan (12-rasm).



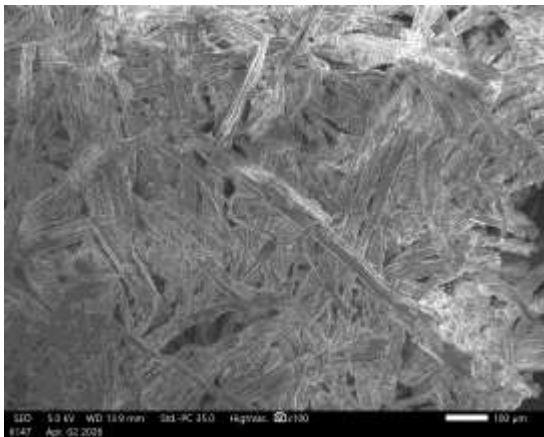
11-rasm. Yevropa MDF,  $\times 100$  kattalashtirish: tolali struktura



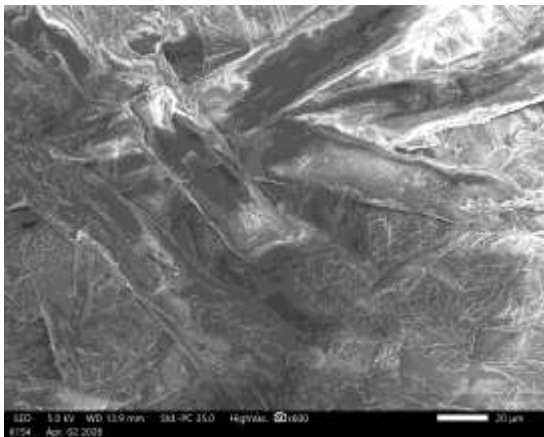
12-rasm. Yevropa MDF,  $\times 2000$  kattalashtirish: alohida tola yuzasidagi smola plyonkasi

**Yevropa LMDF namunasi mikrostrukturasi.** Yevropa LMDF namunasi tadqiq qilingan barcha namunalar orasida eng yuqori mikrostrukturaviy sifat ko'rsatkichlariga ega bo'lib chiqdi (13-rasm).  $\times 100$  va  $\times 200$  kattalashtirishlarda materialning juda zich va bir jinsli tolali strukturasi ko'rindi: mayda tolalar (taxminan 10–30  $\mu\text{m}$ ) chambarchas bir-biriga jipslashgan holda joylashgan, tolalar oralig'idagi bo'shliqlar minimal darajada.  $\times 300$ – $\times 800$  kattalashtirishlarda smolaning uzluksiz qatlam shaklida tolalarni qoplab olgani aniqlandi — bu uzluksiz smola plyonkasi hosil bo'lishi material yaxlitligini va mexanik mustahkamligini maksimal darajada ta'minlaydi.  $\times 1500$  va  $\times 3000$  kattalashtirishlarda alohida tolalar yuzasi va ular orasidagi smolaning tutashish nuqtalari aniq ko'rinadi: smola tolalar yuzasini uzluksiz va bir jinsli plyonka shaklida o'rab olgan, hech qanday ajralish belgilari yo'q (14-rasm). Yuza laminatsiya qatlami juda yuqori sifatda. Umumiy g'ovaklik juda past — bu LMDF ning suv yutmasligini va o'lchov barqarorligini ta'minlaydi.





13-rasm. Yevropa LMDF, ×100  
kattalashtirish: juda zich va bir jinsli tolali  
struktura



14-rasm. Yevropa LMDF, ×2000  
kattalashtirish: tolalarni qoplagan uzluksiz  
smola plyonkasi

**Qiyosiy tahlil va sifat reytingi.** SEM tahlil natijalari asosida tadqiq qilingan namunalarning mikrostrukturaviy parametrlari bo'yicha qiyosiy baholash 2-jadvalda umumlashtirildi. Har bir parametr 5-balli tizimda baholandi.

**2-jadval**

*Namunalarning SEM ko'rsatkichlari bo'yicha qiyosiy reytingi (5-balli shkala)*

Parametr	Rossiya DSP	Eron DSP	Rossiya LDSP	Yevropa DSP	Yevropa LDSP	Yevropa MDF	Yevropa LMDF
Tartibli joylashuv	1	2	3	5	5	4	5
Smola taqsimoti	1	2	3	5	5	4	5
Interfeys mustahkamligi	1	2	3	5	5	4	5
G'ovaklik past = yaxshi	1	2	3	5	5	3	5
Yuza laminatsiya	—	—	4	—	5	—	5
Anatomik tuzilish	2	3	4	5	5	4	5
Umumiy reyting	6	11	20	25	30	19	30
Sifat darajasi	Past	Past	O'rta	Yuqori	Eng yuqori	O'rta-yuqori	Eng yuqori

2-jadvaldan ko'rinadiki, eng yuqori umumiy reyting (30 ball) Yevropa LDSP va Yevropa LMDF namunalariga tegishli, eng past reyting (6 ball) — Rossiya DSP namunasiga. Eron DSP (11 ball) va Rossiya LDSP (20 ball) o'rta darajadagi sifatga ega.

**Mikrostrukturaviy farqlarning sabablari.** SEM tahlilida aniqlangan mikrostrukturaviy farqlar bir necha texnologik va xom ashyo bilan bog'liq omillar bilan izohlanadi.

Birinchidan, ishlab chiqarish texnologiyasining mukammalligi: Yevropa zavodlarida zamonaviy uzluksiz presslash qurilmalari, aniq harorat va bosim nazorati, hamda qirindilarni yo'naltirish bosqichlari mavjud [3, 7]. Ikkinchidan, ishlatiladigan smolaning tarkibi va sifati katta rol o'ynaydi. Yevropa ishlab chiqaruvchilari odatda yuqori sifatli MUF yoki PF smolalarini ishlatishadi [10, 15]. Uchinchidan, boshlang'ich yog'och xom ashyosining sifati: Yevropa zavodlari nazorat ostida o'sadigan, bir xil navdagi yog'ochlardan foydalanadilar [16].

To'rtinchidan, presslash sharoitlari (harorat, bosim, vaqt) optimal bo'lishi shart va Yevropa standartlarida (EN 312, EN 622) qattiq nazorat qilinadi [17, 18].

**Mikrostruktura va ekspluatatsion xossalari bog'liqligi.** Aniqlangan mikrostrukturaviy xususiyatlar bevosita panel materiallarning makroskopik ekspluatatsion xossalarini belgilab beradi. Tartibli joylashgan, zich va smola bilan yaxshi qoplangan tuzilish (Yevropa namunalari) yuqori egilishga, sindirishga va siqilishga mustahkamlikni, past suv yutuvchanlikni va kichik shishish koeffitsientini ta'minlaydi. Aksincha, bo'sh, tartibsiz va smola taqsimoti notekis tuzilish (Rossiya DSP) past mexanik mustahkamlik, yuqori suv yutuvchanlik va katta shishish koeffitsientiga olib keladi. Formaldegid emissiyasi mikrostruktura bilan bevosita bog'liq: g'ovak, ochiq g'ovakli tuzilish yuqori emissiyaga, zich va yopiq g'ovakli tuzilish past emissiyaga olib keladi [19].

## **XULOSA**

O'tkazilgan tadqiqot natijalari asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

– Skanerlovchi elektron mikroskopiya yog'ochga asoslangan panel materiallarning sifatini baholashda yuqori samaradorlikka ega usul ekanligi tasdiqlandi; hammasi bo'lib 95 ta SEM mikrofotografiya tahlil qilindi va 7 turdagi panel materiallarning mikrostrukturaviy xususiyatlari aniqlandi.

– Eng yuqori sifat ko'rsatkichlari Yevropa LMDF va Yevropa LDSP namunalariga tegishli (30 balldan 30 ball), Yevropa DSP (25 ball) va Yevropa MDF (19 ball) yuqori va o'rta-yuqori sifatga ega.

– Eng past sifat ko'rsatkichlari Rossiya DSP (6 ball) va Eron DSP (11 ball) namunalariga tegishli; Rossiya LDSP (20 ball) yuza laminatsiya qatlami tufayli mikrostrukturaviy nuqsonlarni qisman to'g'rilaydi.

– Mikrostrukturaviy farqlarning asosiy sabablari ishlab chiqarish texnologiyasining zamonaviyligi, ishlatiladigan smola tarkibi va sifati, boshlang'ich yog'och xom ashyosining bir jinsliliigi va presslash sharoitlari hisoblanadi.

– Aniqlangan mikrostrukturaviy xususiyatlar bevosita panel materiallarning makroskopik ekspluatatsion xossalarini belgilab beradi.

– Olingan natijalar O'zbekiston Respublikasida mahalliy ishlab chiqarish uchun sifat me'yorlarini belgilashda, hamda import qilinadigan panel materiallarni baholashda asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

#### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Maloney T.M. Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing. — San Francisco: Miller Freeman, 1993. — 681 p.
2. Stark N.M., Cai Z., Carll C. Wood-based composite materials // Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. — General Technical Report FPL-GTR-190. — Madison, WI: USDA Forest Service, 2010. — Ch. 11. — P. 1–28.
3. Thoemen H., Irle M., Sernek M. Wood-based panels: An introduction for specialists. — London: Brunel University Press, 2010. — 283 p.
4. Karimov A., Tursunov B., Mavlanov D. O'zbekistonda mebel sanoati uchun import qilinadigan panel materiallar bozori tahlili // O'zbekiston kimyo jurnali. — 2024. — № 3. — B. 45–52.
5. Ataxanov A.A., Yunusov M.Yu., Rashidova S.Sh. Polimer kompozit materiallarning tuzilishi va xossalari. — Toshkent: Fan, 2018. — 312 b.
6. Egamberdiyev E.A., Yusupov B.D. Tabiiy va sun'iy materiallar mikrostrukturasini SEM yordamida tahlil qilish // O'zbekiston kimyo jurnali. — 2022. — № 4. — B. 28–35.
7. Niemz P., Sandberg D., Salmen L. Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes // Springer Handbook of Wood Science and Technology. — 2023. — P. 1239–1316.
8. Frihart C.R. Adhesive bonding and performance testing of bonded wood products // Journal of ASTM International. — 2005. — Vol. 2, No. 7. — P. 1–13.
9. Rowell R.M. (Ed.) Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites. — 2nd ed. — Boca Raton: CRC Press, 2012. — 703 p.
10. Dunky M., Niemz P. Holzwerkstoffe und Leime: Technologie und Einflussfaktoren. — Berlin: Springer-Verlag, 2002. — 954 s.
11. Park B.D., Riedl B., Kim Y.S., So W.T. Effect of synthesis parameters on thermal behavior of phenol-formaldehyde resol resin // Journal of Applied Polymer Science. — 2002. — Vol. 83, No. 7. — P. 1415–1424.
12. Kelly M.W. Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard. — General Technical Report FPL-10. — Madison, WI: USDA Forest Service, 1977. — 65 p.
13. Pizzi A. Recent developments in eco-efficient bio-based adhesives for wood bonding // Journal of Adhesion Science and Technology. — 2006. — Vol. 20, No. 8. — P. 829–846.
14. Irle M.A., Barbu M.C., Réh R., Bergland L., Rowell R.M. Wood composites // Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites. — 2012. — P. 321–411.
15. Klyosov A.A. Wood-Plastic Composites. — Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2007. — 698 p.
16. Wang S., Winistorfer P.M. The effect of species and species distribution on the layer characteristics of OSB // Forest Products Journal. — 2000. — Vol. 50, No. 4. — P. 37–44.
17. EN 312:2010. Particleboards — Specifications. — Brussels: European Committee for Standardization, 2010. — 32 p.

18. EN 622-5:2009. Fibreboards — Specifications — Part 5: Requirements for dry process boards (MDF). — Brussels: European Committee for Standardization, 2009. — 28 p.
19. Salem M.Z.M., Bohm M. Understanding of formaldehyde emissions from solid wood: An overview // BioResources. — 2013. — Vol. 8, No. 3. — P. 4775–4790.
20. ГОСТ 10632-2014. Плиты древесно-стружечные. Технические условия. — М.: Стандартиформ, 2014. — 18 с.