

Received: 5 September 2026 Accepted: 10 September 2026 Published: 11 September 2026

Vol. 5 • No. 9 • 2026

AKRILAT ASOSIDAGI YELIMLAR VA SIANOAKRILATLARNING FIZIK-KIMYOVIY XUSUSIYATLARI HAMDA KRIMINALISTIK AHAMIYATI

M.Y.Asrorov

Buxoro viloyati IIB Ekspert-kriminalistika markazi katta eksperti
(Buxoro Davlat Texnika universiteti tadqiqotchisi)

E.I.Radjabov

Buxoro viloyati IIB Ekspert-kriminalistika markazi boshlig'i

DOI: 10.5281/zenodo.22701444

ABSTRACT: Maqolada akrilat asosidagi bosimga sezgir yelimlar hamda alkil-2-sianoakrilatlarning kimyoviy tuzilishi, polimerlanish mexanizmi va funksional xossalari qiyosiy tahlil qilindi. Akrilat yelimlarining kriminalistik obyekt — yopishqoq lenta, qadoqlash materiali yoki mikroiz tarkibidagi polimer qatlam sifatidagi ahamiyati, sianoakrilatning esa g'ovaksiz yuzalardagi latent papillyar izlarni rivojlantiruvchi reagent sifatidagi vazifasi asoslandi. FTIR-spektroskopiya, optik mikroskopiya, SEM-EDS, fizik moslashtirish va maqsadga muvofiq ketma-ket tekshiruvlardan foydalanish imkoniyatlari ko'rib chiqildi. Shuningdek, akrilat yelimining kolloid-kimyoviy ko'rsatkichlari bilan uning kriminalistik farqlanuvchanligi o'rtasidagi bog'lanishni o'rganishga qaratilgan tajriba konsepsiyasi taklif etildi. Tahlil natijasida mazkur materiallar umumiy akrilat kimyosiga mansub bo'lsa-da, ularni aynanlashtirish mumkin emasligi: birinchisi odatda oldindan hosil qilingan kopolimer dispersiyasi, ikkinchisi esa namlik yoki nukleofil markazlar ta'sirida tez polimerlanuvchi monomer ekanligi ko'rsatildi.

Keywords: akrilat yelimi, sianoakrilat, bosimga sezgir yelim, yopishqoq lenta, mikroiz, latent qo'l izi, polimerlanish, FTIR, kriminalistik identifikatsiya

Kriminalistik amaliyotda odam, buyum va hodisa joyi o'rtasidagi aloqa ko'pincha juda kichik moddiy o'zgarishlar orqali namoyon bo'ladi. Yopishqoq lenta, etiketli o'ram, yelimlangan hujjat yoki buyum yuzasida qolgan yelim qatlami ana shunday iz tashuvchilardan biridir. Bosimga sezgir lentalar jinoyat sodir etishda bog'lash, o'rash, mahkamlash, qadoqlash yoki yashirish vositasi sifatida ishlatilishi mumkin; shu sababli lenta asosining tuzilishi, yelim qatlamining tarkibi, fizik o'lchamlari va uzilish chetlari solishtirma tadqiqot uchun axborot beradi [1–3].

Yelim bilan kriminalistikaning ikkinchi aloqasi boshqa tabiatga ega. Etil yoki metil sianoakrilat bug'lari g'ovaksiz yuzalardagi ko'rinmas papillyar iz qoldiqlari ustida polimer qatlam hosil qilib, iz relyefini ko'rinadigan va keyingi bo'yashga yaroqli holga keltiradi. Ushbu usul xalqaro amaliyotda "cyanoacrylate fuming" (sianoakrilat bug'lari bilan ishlov berish) yoki "superglue fuming" nomi bilan tanilgan [4–7]. Demak, akrilat yelimi odatda tekshiriladigan obyekt, sianoakrilat esa izni aniqlash uchun ishlatiladigan reaktivdir.

Tadqiqotning maqsadi — akrilat asosidagi yelimlar bilan sianoakrilatlarning umumiy va farqli fizik-kimyoviy belgilarini tizimlashtirish, ularning kriminalistik qiymatini asoslash hamda materialshunoslikdagi kolloid-kimyoviy yondashuvlarni ekspertiza vazifalariga tatbiq etish yo'llarini ko'rsatishdir. Maqola adabiyotlar tahliliga

asoslangan bo'lib, unda tajriba natijasi sifatida ko'rsatil-magan fikrlar nazariy taklif yoki istiqbolli tadqiqot yo'nalishi sifatida aniq ajratildi.

1. Akrilat yelimlarining kolloid-kimyoviy tabiati

Akrilat asosidagi bosimga sezgir yelimlar (pressure-sensitive adhesives, PSA) yengil bosim ostida sirtini ho'llashi va uzoq vaqt yopishqoqligini saqlashi bilan tavsi-flanadi. Suvli tizimlarda butil akrilat, 2-etilgeksil akrilat, metil metakrilat, akril yoki metakril kislota kabi monomer-larning kopolimerlari suv muhitida lateks zarrachalari ko'rinishida tarqaladi. Emulsion polimerlanishdan keyin hosil bo'lgan dispersiya substratga surtiladi; suv bug'lan-ganda zarrachalar yaqinlashib, deformatsiyalanib va koa-lessensiyalanib yaxlit yelim plyonkasini hosil qiladi [8–11].

Bunday dispersiyaning barqarorligi faqat po-limerning kimyoviy formulasiga bog'liq emas. Zarracha-lar o'lchami va taqsimoti, sirt faol modda turi va miqdori, zeta-potensial, muhit pH qiyamati, qattiq faza ulushi, ion kuchi, saqlash harorati va mexanik aralashtirish sharoiti tizimning reologiyasi hamda agregatsiyaga chidamliligini belgilaydi. Akril kislota birliklarining ionlanish darajasi o'zgarganda zarrachalararo elektrostatik ta'sir va plyonka ichidagi vodorod bog'lari nisbati ham o'zgaradi. Wang va hammualliflar poli(butil akrilat-ko-akril kislota) tizimida pH ning nano miqyosdagi o'zaro ta'sirlar hamda makros-kopik adgeziya xossalari ta'sirini ko'rsatgan [10].

Bosimga sezgir yelimning amaliy samarasi uchta o'zaro raqobatlashuvchi ko'rsatkich bilan baholanadi: dastlabki yopishish (tack), sirtni ajratishga qarshilik (peel strength) va siljishdagi ichki mustahkamlik (shear resistance). Juda yumshoq polimer sirtini yaxshi ho'llashi mumkin, biroq ichki kogeziyasi yetarli bo'lmasa, ajratilganda substratda qoldiq qoldiradi. Haddan tashqari qattiq yoki kuchli tikilgan tarmoq esa ichki mustahkam bo'lsa-da, mikrorelyefni yetarli ho'llamaydi. Shu bois monomer tarkibi, shisha o'tish harorati, molekulyar massa va tikilish zichligi orasidagi muvozanat zarur [8, 9, 11].

1.1. Modifikatsiyalash va kriminalistik belgilarning shakllanishi

Akrilat yelimini modifikatsiyalash jarayonida funksional monomer, sirt faol modda, plastifikator, smola, to'ldiruvchi, pigment, stabilizator yoki tikuvchi agent kiritilishi mumkin. Bu qo'shimchalar yelimning iste'mol xususiyatini o'zgartirishi bilan birga, uning analitik "profil"ini ham shakllantiradi. Masalan, polimer skeleti va funksional guruhlar infraqizil spektrda yutilish polosalarini beradi; mineral to'ldiruvchilar element tarkibida, pigmentlar esa optik xususiyatlarda namoyon bo'lishi mumkin. Shu ma'noda retseptura va texnologik rejimdagi farqlar kriminalistik guruhlash uchun potensial axborot manbai hisoblanadi.

Biroq analitik o'xshashlik "namunalar aynan bitta rulondan yoki bitta ishlab chiqarish partiyasidan chiqqan" degan qat'iy xulosaga avtomatik asos bo'lmaydi. Bir mahsulotning vaqt bo'yicha, rulon ichida va katta ishlab chiqarish ruloni bo'ylab o'zgaruvchanligi mavjud. Mehlretter va hammualliflarning armaturalangan yopishqoq lenta mahsulotlari bo'yicha kuzatuvlari ayrim o'lcham va FTIR belgilarida ishlab chiqarish vaqtiga bog'liq o'zgarishlar bo'lishi mumkinligini ko'rsatgan [2]. Shuning uchun ekspert avval farqlovchi belgilarni qidiradi, moslik saqlansa esa uning ahamiyatini obyekt turi, variatsiya va boshqa dalillar majmuasida baholaydi [1, 3].

2. Yelimli materiallarning kriminalistik tadqiqot obyekt sifatidagi ahamiyati

Yopishqoq lenta ko'p qatlamli materialdir: tashqi asos (polimer plyonka, mato, qog'oz yoki metall folga), armaturalovchi to'r, primer, ajratuvchi qoplama va bosimga sezgir yelim qatlamidan iborat bo'lishi mumkin. Kriminalistik tekshiruv har bir qatlamni alohida axborot manbai sifatida ko'radi. NIST huzuridagi OSAC doirasida ishlab chiqilgan qo'llanmada tekshiruvni kam buzuvchi usullardan boshlab, zaruratga qarab instrumental tahlilga o'tish tavsiya etiladi [1].

Birinchi bosqichda obyektning rangi, eni, umumiy va qatlam qalinligi, asos tuzilishi, iplar soni, sirt teksturasi, yelim rangi, chet va uzilish xususiyatlari qayd etiladi. Agar ikki bo'lakning yirtilish chizig'i va mikrorelyefi bir-birini bevosita davom ettirsa, fizik moslashtirish yuqori daliliy qiymatga ega bo'lishi mumkin. Moslashtirishning imkonini bo'lmaganda, sinf va guruh belgilariga asoslangan qiyoslash o'tkaziladi. Bunda "o'xshash" va "bir manbadan kelib chiqqan" tushunchalari qat'iy ajratilishi lozim.

Keyingi bosqichlarda stereomikroskopiya, qutblangan yorug'lik mikroskopiya, ATR-FTIR, Raman spektroskopiyasi, piroliz gaz xromatografiyasi-mass-spektrometriya hamda SEM-EDS qo'llanishi mumkin. Amaliy sxema obyekt miqdori, laboratoriya imkoniyati va

savol mazmuniga mos tanlanadi. FTIR organik polimer asos va yelim qatlamidagi funksional guruhlar bo'yicha spektral profil beradi. SEM-EDS esa asos yoki to'ldiruvchidagi noorganik elementlarni aniqlashga yordam beradi. Elektr lentalarini instrumental va statistik usullar bilan o'rgangan ishlar organik yelim qatlamining FTIR tahlili namunalarni guruhlashda foydali ekanini ko'rsatadi [12].

2.1. Akrilat yelimi qoldig'i mikroiz sifatida

Akrilat yelimi hodisa joyida alohida massa, yupqa plyonka, buyumlar tutashgan joydagi qoldiq yoki boshqa sirtga ko'chgan mikroqatlam ko'rinishida uchrashi mumkin. Bunday namunaning kelib chiqishini tekshirishda kontaminatsiyani kamaytirish, nazorat namunasini olish va qadoqlash materialining yelim bilan bevosita tegishishiga yo'l qo'ymaslik muhim. Namuna miqdori cheklangan bo'lsa, dastlab fotoqayd va mikroskopiya, keyin esa nisbatan kam sarflovchi spektroskopik usullar tanlanishi maqsadga muvofiq.

Kriminalistik qiymat uch darajada shakllanadi. Birinchidan, yelim tabiati obyektini umumiy sinfga — masalan, akrilat, tabiiy yoki sintetik kauchuk asosidagi tizimga — kiritishga yordam beradi. Ikkinchidan, qo'shimcha komponentlar va fizik xossalalar torroq guruhlash imkonini berishi mumkin. Uchinchidan, uzilish chetlari fizik jihatdan mos tushsa yoki noyob belgilar majmui mavjud bo'lsa, bog'lanish kuchayadi. Shunga qaramay, faqat bitta spektral o'xshashlik asosida individual identifikatsiya e'lon qilish ilmiy jihatdan ehtiyotkor yondashuvga zid.

2.2. Yopishqoq yuzadagi qo'l izlari va tekshiruv ketma-ketligi

Yopishqoq lenta nafaqat materialshunoslik obyekt, balki papillyar iz tashuvchisi hamdir. Uning silliq orqa tomoni va yopishqoq tomoni uchun usullar bir xil emas. Yopishqoq qatlam oddiy kukunni fon bo'ylab ushlab qolishi, natijada kontrastni pasaytirishi mumkin. Adabiyotlarda gentian violet, sticky-side powder, ho'l kukun suspenziyasi va ayrim lyuminescent bo'yoqlar kabi usullar tavsiflangan; ularning samarasi yelimning akrilat yoki kauchuk asosli ekaniga bog'liq bo'lishi mumkin [13]. Shu sababli avval qo'l izini aniqlashmi yoki yelim tarkibini saqlashmi — qaysi vazifa ustuvorligi belgilanib, usullarning keyingi FTIR tadqiqotiga ta'siri validatsiya qilinishi kerak [14].

3. Sianoakrilat: tuzilishi va latent papillyar izni rivojlantirish mexanizmi

Sianoakrilatlar umumiy formulasi $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CN})\text{COOR}$ bo'lgan alkil-2-sianoakrilat efirlaridir; kriminalistik amaliyotda ko'pincha etil sianoakrilat tilga olinadi. Molekuladagi nitril va ester guruhlari qo'shbog'ning elektron zichligini pasaytiradi, shu sababli monomer nukleofil ta'sirga juda sezgir. Sirt namligi, gidroksid ionlari, aminlar yoki boshqa nukleofil markazlar zanjirli anion polimerlanishni boshlab berishi mumkin. Natijada poli(alkil sianoakrilat) hosil bo'ladi [6, 7, 15].

Latent qo'l izi ter va yog' bezlari ajratmalari, suv, aminokislotalar, tuzlar, lipidlar hamda tashqi ifloslantiruvchilarning murakkab aralashmasidir. Nazorat qilinadigan yopiq kamerada sianoakrilat bug'i buyum yuzasiga tarqaladi va iz qirralaridagi boshlovchi markazlar yaqinida polimer o'sishi yuz beradi. Oq rangli polimer depoziti

papillary naqshni barqarorlashtiradi. Iz ko'rinadigan bo'lgach, u fotosuratga olinadi; zarur bo'lsa, kontrastni kuchaytirish uchun Basic Yellow 40, Rhodamine 6G yoki Ardrex kabi lyuminescent bo'yoqlar bilan keyingi ishlov berilishi mumkin [4, 5].

Usul shisha, metall, ko'plab plastmassalar, laklangan yoki boshqa g'ovaksiz sirtlar uchun mos. G'ovak qog'ozda esa monomer va iz tarkibining sirt ichiga singishi sababli boshqa ketma-ketliklar afzal bo'lishi mumkin. FBI o'quv materialida ham qizdirilgan "superglue" bug'larining qo'l izlariga birikishi amaliy tarzda ko'rsatiladi [16]. Biroq qizdirishning o'zi yagona boshqaruv omili emas: bug' konsentratsiyasi, nisbiy namlik, harorat, ekspozitsiya va havo aylanishi birgalikda nazorat qilinadi.

3.1. Namlik, eskirish va ortiqcha ishlov xavfi

Nisbiy namlik sianokrilat bug'lari bilan ishlov berish jarayonining muhim parametridir. Paine va hammualliflar namlikning iz rivojlanish samarasi va hosil bo'lgan polimer mikrostrukturasi ta'sirini tajribada baholagan [5]. Namlik yetishmasa boshlanish markazlari va polimer o'sishi sustlashishi, me'yordan ortiq sharoit esa fon polimerlanishi yoki iz detallarining yomonlashishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli "qancha ko'p bug' va namlik bo'lsa, shuncha yaxshi" degan qarash noto'g'ri; optimal rejim uskuna, reagent, sirt va iz yoshiga qarab valdatsiya qilinadi.

Eskirgan izlarda uchuvchan va suvda eruvchan boshlovchi komponentlar kamayadi. Wargacki va hammualliflar sianokrilat bilan rivojlantiriladigan eskirgan

latent izlarda polimer qoplama o'sishi iz qoldig'idagi initsiatorlarning saqlanishiga bog'liqligini ko'rsatgan [7]. NIJ tomonidan moliyalashtirilgan keyingi tadqiqot ham molekulyar darajadagi jarayonlarni o'rganib, eskirgan izlar sifatini yaxshilash yo'llarini izlagan [6]. Bunday natijalar amaliy protokolni mahalliy sharoitda nazorat namunalari bilan tekshirish zarurligini ko'rsatadi.

Ortiqcha ekspozitsiya fonning qalin oq qoplama bilan qoplanishiga, mayda papillary detallar orasining to'lishiga va kontrastning kamayishiga sabab bo'lishi mumkin. Shuning uchun jarayonni kuzatish, sinov izi qo'yilgan nazorat kuponidan foydalanish, reagent miqdori va vaqtini qayd etish sifat kafolatining tarkibiy qismidir. Sianokrilat bug'lari bilan ishlash shamollatish, yopiq kamera va tegishli mehnat xavfsizligi choralarini talab qiladi; maqoladagi tavsif ishlab chiqaruvchi yo'riqnomasi yoki laboratoriyaning tasdiqlangan SOP hujjatini almashtirmaydi.

4. Akrilat yelimi va sianokrilatning qiyosiy tahlili
"Akrilat" atamasi ikki tizimda ham uchrashi ularni bir xil modda deb talqin qilishga sabab bo'lmasligi kerak. Akrilat PSA odatda ishlab chiqarish vaqtida radikal mexanizm orqali polimerlangan, keyin suvda disperslangan yoki erituvchida erigan yuqori molekulyar kopolimerdir. Sianokrilat esa qo'llash vaqtigacha monomer holida saqlanadi va namlik yoki nukleofil komponent ta'sirida joyning o'zida tez anion polimerlanadi. Umumiylik — vinil guruhidan polimer skeleti hosil bo'lishi va ester funksional guruhining mavjudligi; asosiy farq — elektron tuzilish, initsiatsiya mexanizmi, boshlang'ich agregat holat va kriminalistik vazifadir.

Mezon	Akrilat asosidagi PSA	Sianokrilat
Boshlang'ich holati	Polimer/kopolimer dispersiyasi yoki eritmasi	Barqarorlashtirilgan reaktiv monomer
Asosiy hosil bo'lishi	Ko'pincha radikal emulsion polimerlanish	Nukleofil boshlab beradigan tez anion polimerlanish
Plyonka hosil bo'lishi	Suv/erituvchi chiqishi, zarrachalar koalesensiyasi	Bug' yoki suyuq monomerning joyida polimerlanishi
Muhim ko'rsatkichlar	pH, zarracha o'lchami, qovushqoqlik, dastlabki yopishuvchanlik, ajratib olishga qarshilik, siljishga qarshilik	Bug'lanish, namlikka sezgirlik, ekspozitsiya, polimer depoziti
Kriminalistik maqomi	Ashyoviy dalil yoki mikroiz tarkibidagi material	Latent papillary izni rivojlantiruvchi reagent
Asosiy savol	Namunalar tarkibi va belgilarida farq yoki moslik bormi?	Papillary naqshni zarar yetkazmasdan qanday ko'rinadigan qilish mumkin?

1-jadval. Akrilat bosimga sezgir yelim va sianokrilatning asosiy farqlari.

4.1. Ikki yo'nalishni bitta ilmiy konsepsiyada birlashtirish

Ular bir maqolada birlashtirishning ilmiy asosi "yelimlarning kriminalistikadagi ikki tomonlama roli" konsepsiyasidir. Birinchi rolda polimer tarkibi tekshiruv predmeti bo'lib, ekspert noma'lum yelim qoldig'i bilan qiyosiy namunani fizik-kimyoviy belgilar bo'yicha taqqoslaydi. Ikkinchi rolda reaktiv monomerning selektiv polimerlanishi boshqa turdagi iz — papillary naqshni rivojlantiradi. Shunday qilib, bir xil umumiy kimyoviy sinfga yaqin materiallar kriminalistik jarayonning qarama-qarshi tomonlarida: "iz" va "izni aniqlash vositasi" sifatida ishtirok etadi.

Mazkur konsepsiya akrilat dispersiyasini sianokrilat bug'lari bilan ishlov berish reagentiga aylantirish mumkin degan ma'noni bermaydi. Aksincha, farqlarni tushunish metod tanlashdagi xatoni kamaytiradi. Masalan, yopishqoq lentaning akrilat qatlamida latent iz topilishi mumkin, biroq uning yopishqoq tomoniga sianokrilat bug'lari bilan ishlov berishni avtomatik qo'llash optimal bo'lmasligi mumkin; fon polimerlanishi va yelim xususiyati natijaga ta'sir qiladi. Adabiyotlar yopishqoq sirt uchun maxsus bo'yoq yoki suspenziya usullarini ham ko'rsatadi [13, 14].

5. Istiqbolli tajriba tadqiqoti konsepsiyasi

Akrilat yelimlarining kolloid-kimyoviy xossalarini kriminalistik farqlanuvchanlik bilan bog'lash uchun alohida validatsion tadqiqot o'tkazish taklif etiladi. Quydagi sxema tayyor natija emas, balki keyingi ilmiy ish uchun tekshiriladigan dizayndir. Uning kuchli tomoni shundaki, materialshunoslik ko'rsatkichlari, instrumental profil va qo'l izini rivojlantirish samarasi bitta nazorat qilinadigan namuna majmuasida baholanadi.

5.1. Namuna va omillar

Kamida uch turdagi suvli akrilat kopolimeri olinib, monomer tarkibi yoki modifikator turi boshqariladigan omil sifatida belgilanadi. Har bir tarkib uchun pH, qattiq modda ulushi, dinamik qovushqoqlik, o'rtacha zarracha o'lchami va saqlash barqarorligi qayd etiladi. Dispersiyalar bir xil BOPP (ikki yo'nalishda orientatsiyalangan polipropilen plyonka) yoki boshqa standart asosga bir xil qatlam qalinligida surtilib, nazorat qilinadigan harorat va namlikda quritiladi. Hosil bo'lgan lentalarda dastlabki yopishuvchanlik, 180° ajratib olishga qarshilik va siljishga qarshilik ko'rsatkichlari tegishli standart yoki validatsiya qilingan laboratoriya usuli bilan o'lchanadi. Har bir variant kamida uch mustaqil takrorda sinovdan o'tkazilishi, asbob blanki va nazorat namunalari kiritilishi kerak.

5.2. Kriminalistik tahlil bloki

Har bir yelim plyonkasining ATR-FTIR spektri bir necha nuqtadan olinadi. Spektrlar bazaviy chiziqni tuzatish va normallashtirishdan keyin sifat jihatdan taqqoslanadi; zarurat bo'lsa, asosiy komponentlar tahlili kabi ko'p o'lchovli usul faqat oldindan belgilangan validatsiya va yetarli tanlama bilan qo'llanadi. Optik mikroskopiya sirt morfologiyasi, qoldiq ko'rinishi va ifloslantiruvchi zarrachalar qayd etiladi. To'ldiruvchi mavjud bo'lsa, SEM-EDS element profili qo'shimcha farqlovchi belgi bo'lishi mumkin. Natijalar "individual manba"ni isbotlash uchun emas, guruhviy farqlash qobiliyati va partiya ichidagi variatsiyani baholash uchun talqin qilinadi.

5.3. Latent izlar bloki

Bir xil donorlar standartlashtirilgan bosim va kontakt vaqti bilan lentaning orqa hamda yopishqoq tomoniga iz qoldiradi. Donorlararo biologik farqni kamaytirish uchun har bir usulga bir donor izining bo'lingan yoki juft namunalari taqsimlanadi. Izlar yangi, 7 kunlik va 30 kunlik guruhlariga ajratilishi mumkin. Orqa g'ovaksiz sirt uchun sianoakrilat bug'lari bilan ishlov berish, yopishqoq tomon uchun esa tanlangan maxsus usul qo'llanadi. Sianoakrilat tajribasida namlik, ekspozitsiya va reagent miqdori alohida omillar sifatida nazorat qilinadi; har bir seriyada nazorat kuponi ishlatiladi.

Rivojlangan izlar sifatini baholashda faqat "ko'rindi/ko'rinmadi" mezoni yetarli emas. Papillyar chiziqlar uzluksizligi, fon kontrasti, identifikatsiyaga yaroqli maydon va kuzatuvchilararo muvofiqlik hisobga olinadigan ballik shkala oldindan tuziladi. Baholovchilar namuna tarkibini bilmasligi maqsadga muvofiq. Agar iz rivojlantirishdan oldin va keyin ATR-FTIR spektrlari olinsa, reagent yoki bo'yoqning yelim profiliga ta'siri ham baholanadi. Bu ketma-ket ekspertiza uchun ayniqsa muhim, chunki papillyar izni rivojlantirish materiali keyingi kimyoviy tahlilni o'zgartirishi mumkin [14].

5.4. Kutiladigan ilmiy va amaliy natija

Tadqiqot yakunida qaysi kolloid-kimyoviy parametrlar tayyor yelim plyonkasining spektral va morfologik belgilariga eng ko'p ta'sir qilishi, modifikatsiya guruhlarini farqlashni kuchaytirishi yoki aksincha variatsiyani oshirishi aniqlanishi mumkin. Ikkinchi natija — muayyan akrilat yelim tarkibi yopishqoq yuzadagi latent izni aniqlash usuliga qanday ta'sir qilishini ko'rsatadigan mahalliy ma'lumotlar bazasi. Bunday baza faqat yetarli miqdordagi ishlab chiqaruvchi, partiya va vaqt oralig'ini qamrab olgandagina umumlashtirilishi lozim.

Xulosa

Akrilat asosidagi yelimlar va sianoakrilatlar umumiy akrilat kimyosiga aloqador bo'lsa-da, kimyoviy holati, polimerlanish mexanizmi va kriminalistik vazifasi bo'yicha tubdan farqlanadi. Akrilat PSA ko'pincha tayyor kopolimer dispersiyasi bo'lib, hodisa joyidagi yelimli material yoki mikroiz tarkibida tekshiriladi. Sianoakrilat esa namlik va nukleofil markazlar ta'sirida tez polimerlanadigan monomer bo'lib, g'ovaksiz yuzalardagi latent papillyar izlarni rivojlantirishda qo'llanadi.

Ularni yagona maqolada birlashtirish "kriminalistikada yelimning obyekt va vosita sifatidagi ikki tomonlama ahamiyati" orqali ilmiy asoslanadi. Yelimli lentani tekshirishda fizik moslashtirish, mikroskopiya, FTIR va zaruratga ko'ra element tahlili bir-birini to'ldiradi; xulosa esa usul chegaralari va ishlab chiqarish variatsiyasini hisobga olishi kerak. Sianoakrilat bug'lari bilan ishlov berishda namlik, ekspozitsiya, sirt turi va izning yoshi boshqarilmasa, fon qoplanishi yoki detal yo'qolishi ehtimoli ortadi. Taklif etilgan tajriba konsepsiyasi akrilat yelimining kolloid xossalari, analitik profili va latent izlarni aniqlash samarasi orasidagi bog'lanishni tekshirish uchun asos bo'la oladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. National Institute of Standards and Technology (NIST/OSAC). Standard Guide for Forensic Examination and Comparison of Pressure Sensitive Tapes. Draft standard guide.
<https://www.nist.gov/document/standard-guide-forensic-examination-and-comparison-pressure-sensitive-tapes>
2. Mehlretter A.H., Wright D.M., Smith M.A. Variation in duct tape products over time: Physical measurements and adhesive compositional analysis by Fourier transform infrared spectroscopy. *Forensic Chemistry*. 2017;4:1–8.

- doi:10.1016/j.forc.2017.02.002.
3. Scientific Working Group for Materials Analysis (SWGMA). Guideline for Forensic Examination of Pressure Sensitive Tapes. *Journal of the American Society of Trace Evidence Examiners*. 2012;3(1):2–20. NIST archive:
https://www.nist.gov/system/files/documents/2016/09/22/astee_journal_issue2-1_final2.pdf
4. Bumbrah G.S. Cyanoacrylate fuming method for detection of latent fingerprints: a review. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*. 2017;7:4. doi:10.1186/s41935-017-0009-7.

5. Paine M., Bandey H.L., Bleay S.M., Willson H. The effect of relative humidity on the effectiveness of the cyanoacrylate fuming process for fingermark development and on the microstructure of the developed marks. *Forensic Science International*. 2011;212(1–3):130–142. doi:10.1016/j.forsciint.2011.06.003.
 6. Dadmun M.D. Cultivating Methods to Enhance the Quality of Aged Fingerprints Developed by Cyanoacrylate Fuming. Final Technical Report, NIJ Award 2007-DN-BX-K171. 2009. NCJ 230161. <https://nij.ojp.gov/library/publications/cultivating-methods-enhance-quality-aged-fingerprints-developed-cyanoacrylate>
 7. Wargacki S.P., Lewis L.A., Dadmun M.D. Enhancing the quality of aged latent fingerprints developed by superglue fuming: loss and replenishment of initiator. *Journal of Forensic Sciences*. 2008;53(5):1138–1144. doi:10.1111/j.1556-4029.2008.00822.x.
 8. Roberge S., Dubé M.A. The effect of particle size and composition on the performance of styrene/butyl acrylate miniemulsion-based PSAs. *Polymer*. 2006;47(2):799–807. Article PII: S0032386105017702.
 9. Ismail H., Suryadiansyah. Effect of monomer composition on adhesive performance for water-based acrylic pressure-sensitive adhesives. *Journal of Physical Science*. 2011;22(2):51–63. <https://jps.usm.my/wp-content/uploads/2014/10/22.2.4.pdf>
 10. Wang T., Canetta E., Weerakkody T.G., Keddie J.L. pH dependence of the properties of waterborne pressure-sensitive adhesives containing acrylic acid. *ACS Applied Materials & Interfaces*. 2009;1(3):631–639. doi:10.1021/am800165x.
 11. Márquez I., Alarcia F., García-Pacios V., Colomines G., Costa V., Martín-Martínez J.M. Influence of acrylonitrile content on the adhesive properties of waterborne acrylic pressure-sensitive adhesives. *Polymers*. 2022;14(5):1021. doi:10.3390/polym14051021.
 12. Goodpaster J.V., Sturdevant A.B., Andrews K.L., Briley E.M., Brun-Conti L. Identification and comparison of electrical tapes using instrumental and statistical techniques: II. Organic composition of the tape backing and adhesive. *Journal of Forensic Sciences*. 2009;54(2):328–338. doi:10.1111/j.1556-4029.2008.00969.x.
 13. Bumrah G.S., Sharma R.M., Jasuja O.P. Trends in developing latent fingermarks on adhesive tapes. *Problems of Forensic Sciences*. 2019;120:319–338. https://arch.ies.gov.pl/images/PDF/2019/vol_120/120_Bumrah_opt.pdf
 14. Chadwick S., Moret S., Spindler X., Lennard C., Roux C. Investigation into the effect of fingermark detection techniques on the chemical composition of pressure-sensitive adhesive tapes. *Forensic Science International*. 2020;317:110542. doi:10.1016/j.forsciint.2020.110542.
 15. Duffy C., Zetterlund P.B., Aldabbagh F. Radical polymerization of alkyl 2-cyanoacrylates. *Molecules*. 2018;23(2):465. doi:10.3390/molecules23020465.
 16. Federal Bureau of Investigation. Evidence Response Training: Cyanoacrylate Fuming. FBI video repository, 2021. <https://www.fbi.gov/video-repository/ert-training-fuming-072021.mp4/view>
- Izoh: maqola adabiyotlar sharhi va istiqbolli tajriba konsepsiyasi shaklida yozilgan. Unda muallif tomonidan bajarilmagan tajribalar natija sifatida keltirilmagan.