



Mavluda YUSUPOVA,
Xorazm Ma'mun akademiyasi tayanch doktoranti
E-mail: mavluda_chem90@mail.ru,
Mansur ASHIROV,
Xorazm Ma'mun akademiyasi katta ilmiy xodimi, PhD
Zulayxo SMANOVA,
O'zbekiston Milliy universiteti professori. k.f.d

Samarqand davlat universiteti Biokimyo instituti dotsenti, k.f.d I.Abduraxmanov taqrizi asosida

OPTICAL ANALYTICAL SENSORS

Annotation

This article provides a brief review of optical analytical sensors, their development history, and capabilities. Sensors allow to collect, correct, transfer, process and distribute information about the state of physical and chemical devices. Chemical sensors and various spectroscopic methods used to measure the concentration of substances are briefly discussed. Several special fiber-optic light-transmitting sensors, including conductive polymer fibers, light transmission of optical fibers, reflection imaging in an optical fiber based on the corpuscular model of radiation are reviewed. In addition, the capabilities of the optical reflection device mini-spectrophotometer Eye-One Pro to measure wide-range diffuse reflectance coefficients and colorimetric properties of samples, their structure, determination of substance concentrations in environmental objects, their use in production, management of industrial processes were summarized.

Key words: optical sensor, absorption spectroscopy, sensors, reflection spectroscopy, receptor, luminescence, evanescence

ОПТИЧЕСКИЕ АНАЛИТИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ

Аннотация

В данной статье представлен краткий обзор оптических аналитических датчиков, истории их развития и возможностей. Датчики позволяют собирать, корректировать, передавать, обрабатывать и распространять информацию о состоянии физических и химических устройств. Кратко обсуждаются химические сенсоры и различные спектроскопические методы измерения концентрации веществ. Рассмотрены некоторые специальные волоконно-оптические светопроводящие датчики, в том числе проводящие полимерные волокна, светопропускание оптических волокон, визуализация отражения в оптическом волокне на основе корпускулярной модели излучения. Кроме того, раскрыты возможности прибора оптического отражения мини-спектрофотометра Eye-One Pro для измерения в широком диапазоне коэффициентов диффузного отражения и колориметрических свойств образцов, их структуры, определения концентраций веществ в объектах окружающей среды, их использования в производстве, управлении промышленными объектами. процессы были обобщены.

Ключевые слова: оптический датчик, абсорбционная спектроскопия, сенсоры, спектроскопия отражения, рецептор, люминесценция, эванесценция.

OPTIK ANALITIK SENSORLAR

Annotatsiya

Ushbu maqolada optik analitik sensorlar, ularning rivojlanish tarixi, imkoniyatlari haqida qisqacha sharh beriladi. Sensorlar (datchiklar) fizik-kimyoviy qurilmalarning holati haqidagi ma'lumotlarni to'plash, tuzatish, uzatish, qayta ishlash va tarqatish imkonini beradi. Kimyoviy sensorlar bilan birga moddalarni konsentrasiyasini o'lchash uchun ishlatiladigan turli xil spektroskopik usullar qisqacha muhokama qilinadi. Bir nechta maxsus optik tolali yorug'lik o'tkazuvchi sensorlar, jumladan, o'tkazuvchan polimer tolalari, optik tolalarning yorug'lik o'tkazuvchanligi, optik tolada nur qaytarish orqali olingan tasvir nurlanishning korpuskulyar modeliga asoslanishi ko'rib chiqiladi. Shu jumladan optik nur qaytarish qurilmasi Eye-One Pro mini-spektrofotometrining keng diapazonli diffuzion aks ettirish koeffitsientlarini va namunalarning kolorimetrik xususiyatlarini o'lchash imkoniyatlari, tuzilishi, ularning atrof-muhit ob'ektlarida moddalarni konsentrasiyalarini aniqlash, ishlab chiqarishda, sanoat jarayonlarini boshqarishda qo'llanilish umumlashrildi.

Kalit so'zlar: optik sensor, sorbsion-spektroskopiya, datchiklar, nur qaytarish spektroskopiyasi, retseptor, lyumenessensiya, evensensiya.

Kirish. Bugungi kunda ishlab chiqarish va sanoat sohasidagi xomashyo, tayyor mahsulotlarni, shuningdek, turli xil tabiiy namunalarni tahlilini olib borish uchun qo'llaniladigan optik sensorlarning tarixi va rivojlanishi klassik optik analitik usullar, xususan, UB (ultrabinafsha)-spektrofotometriya, IQ-spektrometriya, xromatografik analiz va spektrofluorimetriya borib taqaladi. Bunday qurilmalarning barchasi elektromagnit nur yordamida moddalarga fizik – kimyoviy ta'sir ko'rsatish xususiyatiga ega bo'lib, ushbu jarayon natijasida moddalarning xossalari o'zgaradi, ular o'zidan nur chiqarishi, yutishi yoki sochishi kuzatiladi. Bunday o'zaro ta'sirlar natijasida tekshirilayotgan moddaning xossalarini ifodalovchi signallar hosil bo'ladi. Signalning chastotasi moddaning spetsifik xossalarini aks ettirsa, uning intensivligi moddaning miqdorini ifodalaydi.

Bunday qurilmalarning hajman kichikroq, masofadan turib boshqariladigan, yoki onlayn foydalaniladigan, shuningdek, tekshirilayotgan moddani to'g'ridan-to'g'ri uskuna oldiga olib bormasdan, o'z tabiiy xolicha tekshirish imkoniga ega shakllari

ham mavjud bo'lib, ular suv manbalarining sifati, suvni tozalash ishlari, biotexnologik jarayonlar va boshqalarni onlayn monitoring qilish va nazorat qilish kabi afzalliklarga egadir. Bunday qulay hajmdagi qurilmalar kimyoviy sensorlar (datchiklar) deb ataladi. Analitik asboblardan analitik (kimyoviy) datchiklar o'rtasidagi asosiy farq shundan iboratki, analitik asboblardan tahlil qililganayotgan moddani qurilma yoniga olib kelishni taqazo qiladi, datchiklar esa, tahlil qililganayotgan moddani joyidan qo'zg'atmasdan analiz qiladi.

Sensorlar (datchiklar) fizik-kimyoviy qurilmalarning holati haqidagi ma'lumotlarni to'plash, tuzatish, uzatish, qayta ishlash va tarqatish imkonini beradi. Sensorlarning har xil turlari mavjud bo'lib, ularning ishlash tamoyillari ma'lum fizik yoki kimyoviy hodisalar va xususiyatlarga asoslanadi. Masalan, haroratni aniqlovchi sensorlar, tovush sensorlari, radiatsion sensorlar, bosim sensorlari, gidrometrlar va boshqalar [1,2,3,4,5,6,7,8].

Ushbu mavzu bo'yicha birinchi monografiyalar o'tgan asrda paydo bo'lgan bo'lsa-da [9,10], kimyoviy datchiklarning analitik kimyoga ixtisoslashgan ayrim universitetlardagi ta'lim jarayoniga tadbiiq qilinishi so'nggi o'n yilliklarga borib taqaladi [11].

1991-yilda IUPAC kimyoviy sensorga quyidagicha aniqlik kiritadi [12]: Kimyoviy sensor - bu ma'lum bir namuna komponentining konsentratsiyasidan tortib umumiy tarkib tahliligacha bo'lgan kimyoviy ma'lumotni analitik foydali signalga aylantiradigan qurilma.

Biroq, ushbu umumiy ta'rif sensorlarning butun o'ziga xos xususiyatlarini ochib bera olmaydi, shu sababli biz sensorlarning ba'zi muhim qismlariga to'xtalishni joiz deb topdik:

- sensorlar tekshirilayotgan ob'ekt bilan bevosita aloqada bo'lishi kerak;
- sensorlar elektron bo'lmagan ma'lumotlarni elektr signallariga aylantirishi kerak;
- sensorlar tezda javob berishi kerak;
- sensorlar doimiy yoki hech bo'lmaganda takroriy sikllarda ishlashi kerak;
- sensorlar hajman kichik va arzon bo'lishi kerak.

Ushbu kontekstdagi "tez javob berish" jumlasining ma'nosi, odatda analitik kimyoda muhim parametrlardan biri bo'lib [13], datchiklar bilan ishlashda qisqa vaqtda natija olishning muhim ekanligini anglatadi. "Arzon" sensorlar jumlasida esa, ularning keng ommaning qurbi yetadigan shaklda mavjud bo'lishi va keng miqyosda ishlab chiqarish iloji borligini anglatadi.

Tabiiy sezgi organlar va kimyoviy sensorlar o'rtasidagi o'xshashliklarga yanada chuqurroq to'xtaladigan bo'lsak, ularning ba'zi funksional xususiyatlari e'tiborga loyiqlik. 1999-yilda IUPAC keltirib o'tadiki, "Kimyoviy sensorlar, odatda, ketma-ket ulangan ikkita asosiy komponentni: kimyoviy (molekulyar) tanib olish tizimi (retseptor) va fizik-kimyoviy datchik" o'z ichiga oladi [14]. Agar biz to'liq sensor tizimini yaratmoqchi bo'lsak, "qabul qilish" va "o'tkazish" funksiyalari sxematik tarzda ko'rsatilganidek, signalni "kuchaytirish" va "natijalarni ko'rsatish" qo'shimcha funksiyalari bilan yakunlanishi mumkin (1-rasm). Tabiiy sezgi organlarida esa, qo'shimcha funksiyalar ham mavjud bo'lib, ular o'z navbatida nerv hujayralari va miya tomonidan amalga oshiriladi.



Natijalarni hisoblash va ko'rsatish, xatolar manbalari va boshqalarni ko'rsatadi

Amplifikatsiya, integratsiya, derivatsiya va boshqalar

Potensial farq, joriy o'sish va boshqalar

Haroratning o'zgarishi, reaksiya issiqligi va boshqalar
Na'muna molekullari bilan o'zaro ta'sir

1-rasm. Odatiy sensor tuzilish.

Ushbu rasmda odatiy optik sensorning Grundler ruhsati bilan qayta ishlab chiqilgan tuzilish sxemasi keltirilgan [15]

RETSEPTORLAR

Kimyoviy sensorning retseptorlari tekshiriladigan namuna bilan bevosita aloqada bo'ladi. U muayyan moddalarga yoki moddalar guruhiga mos javob berishi kerak. Retseptor funksiyasini molekulyar tanib olish deb ham atash mumkin. Ko'pgina hollarda retseptorlar nozik tuzilishga ega bo'lib, ular kimyoviy muvozanat, reaksiyalar katalizi yoki boshqa selektiv ta'sirlar orqali tekshiriladigan moddaning tarkibiy qismlari bilan o'zaro munosabatga kirishadi. Odatda, mazkur o'zaro munosabatlar adsorbsiya, ion almashinuvi yoki ajralish muvozanati (suyuqlik-suyuqlik ekstraksiyasi)da namoyon bo'ladi.

Barcha holatlarda retseptorlar va tahlil qilindigan moddalar o'rtasidagi o'zaro ta'sir o'zgarishlarga olib kelishi kerak, bu o'zgarishlar sensor element tomonidan o'lchanadigan elektr miqdoriga (kuchlanish, oqim yoki qarshilik) aylantirilishi mumkin [16].

Bugungi kunda olimlar qattiq tashuvchilarga turli xil ion selektiv organik reagentlarni immobillash orqali metal ionlarini konsentratsiyasini aniqlaydigan kimyoviy optik sensorlar ustida ilmiy izlanishlar olib borishmoqda.

DATCHIKLAR

Datchiklar tekshirilayotgan namunaning tarkibiy qismlari bilan retseptorlarning o'zaro ta'siriga kirishish natijasida kelib chiqadigan xususiyatlarning miqdoriy ifodasini hisoblovchi vositalardir. Datchiklar odatda chiqish signaliga ko'ra kuchlanish o'tkazgichlari, oqim o'tkazgichlari yoki qarshilik o'tkazgichlari sifatida tasniflanadi. Ushbu datchik turiga misol sifatida, tekshiriladigan namuna eritmasi bilan aloqa qilganda rangini o'zgartiruvchi retseptor bilan birga optodlarda ishlatiladigan yorug'lik o'tkazuvchi optik tolalarni keltirish mumkin [16].

KIMYOVIY DATCHIKLARNING TASNIFI

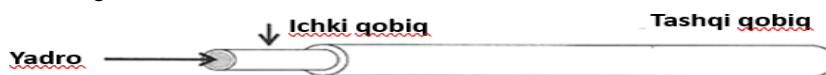
Kimyoviy sensorlarni turli yo'llar bilan tasniflash mumkin. Eng sodda ta'rif 1991-yilda IUPAC tomonidan berilgan ta'rifdir. Ushbu keng tarqalgan sxema bo'yicha yettita sensorli guruhlar mavjudligini ko'rishimiz mumkin:

1. Optik, 2. Elektrokimyoviy, 3. Elektr, 4. Sezuqchan, 5. Magnitli,
6. Termometrik, 7. va boshqalar

Ushbu xususiyatga ko'ra, datchiklar samaradorlikning yuqoriroq yoki pastroq bo'lishiga ko'ra guruhlanadi. IUPAC tasnifida optik sensorlardan biosensolar mustaqil guruh sifatida ajratilmaydi, lekin kimyoviy datchiklarning maxsus turi hisoblanadi [16].

OPTIK SENSORLAR

Analitik asboblardan analitik (kimyoviy) datchiklar o'rtasidagi asosiy farq shundan iboratki, birinchi vaziyatda, tahlil qilinadigan modda qurilmaning yoniga keltiriladi, ikkinchi holatda esa, tahlil qilinadigan moddalar joyidan qo'zg'atmasdan analiz qilinadi. Optik sensorlarning to'liq ko'rsatkichi yoki yorug'lik o'tkazgichlari, optik kimyoviy datchiklarning tipik tarkibiy qismidir. Silikat (shisha) materiallardan yoki shaffof polimerlardan tayyorlangan optik tolalar optik sensorlar uchun eng keng tarqalgan yorug'lik o'tkazgichlar hisoblanadi [16]. (2-rasm).



2-rasm. Silindrsimon shakldagi yorug'lik o'tkazgichi (tolali turdagi).

Ushbu o'tkazgichli tola shaklidagi optik sensorning Grundler ruhsati bilan qayta ishlab chiqilgan sxemasi keltirilgan.

Evensensiya hodisasi juda muhim bo'lib, u optik sensorlarning maxsus turida qo'llaniladi. Yorug'lik o'tkazuvchi tolali optik sensorlar hech qanday retseptor qatlamsiz tuzilgan bo'lishi mumkin. Bunday sensor turlari evvensensiyaga asoslangan bo'ladi, lekin oddiy yorug'lik yutilishiga yoki atrofda muhitning sinishiga asoslangan bo'lishi ham mumkin. Shunday qilib, mikro-fotometr yoki mikro-refraktometr shunday shaklda tuzilgan bo'ladi. Boshqa turdagi foydali datchiklar luminesensiya va diffuziyon sensorlar hisoblanadi [11]. Bunday analitik qurilmalar katta yoki kichik o'lchamda bo'lishi mumkin. (5-6-rasmlar).



5-rasm. TL/TSL luminesensiya qurilmasi



6-rasm. Eye-One Pro mini-spektrofotometer

Nur qaytarish (diffuzion aks ettirish) analitik optik sensorlardan biri Eye-One Pro mini-spektrofotometrdir. Ushbu qurilma ranglarning aniqligini nazorat qilish va monitorlar, skanerlar va printerlarni avtomatik kalibrlash uchun mo'ljallangan. Asbob monoxromator sifatida ishlatiladigan gologrammali difraksiyon panjarali va aniqlash moslamasi sifatida 128 pikseli diodli matritsaga ega miniatyura USB-qurilmaga ega (6-rasm). Asbob D50 tipidagi nurlanish manbai bilan jihozlangan bo'lib, u gaz bilan to'ldirilgan volfram chiroqdir. Analitik nuqta nazardan, asbob 380 dan 730 nm gacha bo'lgan diffuzion aks ettirish ko'rsatkichlarini va namunalarning kolorimetrik xususiyatlarini o'lchashga imkon beradi, hamda laboratoriya va boshqa tizimlardagi xromatik koordinatlar berishga qodir [17].

Eye-One Pro qurilmasining ishlash tartibi

O'lchovlarni amalga oshirish uchun Eye-One Pro mini-spektrometri kompyuterning USB portiga ulanadi, MS Windows uchun mo'ljallangan Eye-One Share dasturi ishga tushiriladi va asbob foydalanuvchi to'plamiga kiritilgan oq rangli kalibrlash to'plami yordamida kalibrlanadi. Shundan so'ng, namunalarning spektrlari o'lchandi va olingan ma'lumotlar turli to'liq uzunliklari uchun diffuzion aks ettirish ko'rsatkichlari natijalar sifatida MS Excel dasturiga eksport qilinadi. Tegishli Kubelka-Munk funksiyasi F qiymati MS Excel soft dasturidan foydalangan holda Eye-One Pro yordamida olingan har bir diffuzion aks ettirish ko'rsatkichi uchun hisoblab chiqiladi. Kubelka-Munk funksiyasi rangli birikmaning qattiq fazadagi konsentratsiyasiga chiziqli bog'lanadi va diffuzion aks ettirish ko'rsatkichi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi [17].

$$F(R) = \frac{(1 - R)^2}{2R} = \frac{2.3\epsilon c}{S}$$

Bunda: R - diffuzion aks ettirish ko'rsatkichi;

ϵ - adsorbatning molyar yutilish ko'rsatkichi,

$M^{-1} \text{sm}^{-1}$; c - adsorbatning konsentratsiyasi;

M va S - tarqalish ko'rsatkichi, sm^{-1} .

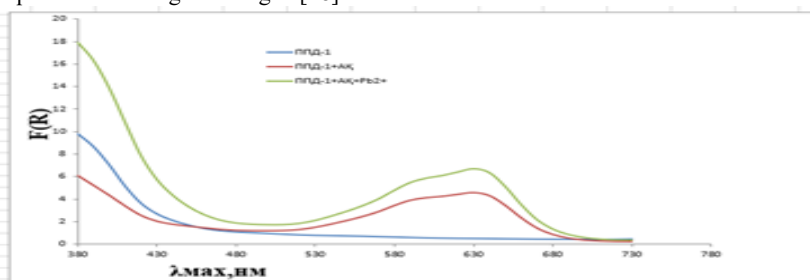
Ushbu qurilma yordamida bir qancha tajribalar amalga oshirildi. Ushbu jadvalda Eye-One Pro mini-spektrometrdan olingan natijalar keltirilgan. PPA tolasiga immobillangan amido qora organik reagentning funksiyalari hisoblangan. (1-jadval)

1-jadval

PPA tolasiga immobillangan organik reagentning MS Excel dasturiga eksport qilingan va hisoblangan natijalari.

	Тoла	T+R	T+R+Me	тола	T+R	T+R+Me
380	0,04619	0,07075	0,02645	9,847949	6,102513	17,91682
390	0,05175	0,08098	0,02892	8,687711	5,214854	16,30353
400	0,0623	0,09468	0,03371	7,056832	4,328286	13,84925
410	0,08172	0,11561	0,04242	5,159313	3,38269	10,8081
420	0,10917	0,14404	0,05662	3,634598	2,543278	7,859112
430	0,13813	0,17002	0,07445	2,688843	2,02584	5,753142
440	0,16576	0,18794	0,09429	2,099289	1,754394	4,349934
450	0,19316	0,20126	0,11693	1,685108	1,584979	3,334528
460	0,22064	0,21502	0,14125	1,376455	1,432875	2,610448
470	0,24322	0,22938	0,16372	1,177362	1,294479	2,135855
480	0,25731	0,23915	0,17924	1,071836	1,210313	1,879176
490	0,26811	0,24311	0,18687	0,998961	1,178237	1,769092
500	0,27876	0,24372	0,18972	0,933038	1,173395	1,730323

Olingan natijalar orqali quyidagi spektrlar hosil qilingan. Spektr sohalarining joylashish o'rniga ko'ra sifat tahlili, intensivligiga ko'ra miqdor tahlili amalga oshirilgan [18].



7-rasm. Immobilangan Amido qora organik reagentning nur qaytarish spektri

Biz olib borayotgan ilmiy tadqiqotlar ishlarimiz immobilangan organik reagentlar yordamida tabiiy va sun'iy ob'ektlar tarkibidagi metal ionlari miqdorini sodda, arzon usullarini ishlab chiqishga qaratilgan. Selektiv organik reagentlarni tanlab yangi sintez qilingan ion almashinuvchi polimer sintetik tolalarga bog'lash va ular orqali sanoat chiqindi suvlari, va ular atrofidagi tuproq tarkibidagi metal ionlarini konsentrasiyasini aniqlashga mo'ljallangan. Ushbu ishlab chiqilayotgan usul o'zining boshqa optik usullarga qaraganda tezkorligi, arzon va selektivligi bilan ajralib turadi.

Xulosa. Ushbu maqolada ko'rib chiqilganidek, XX asrning so'nggi yillarida optik va optik tolali kimyoviy sensorlarining juda faol rivojlanishi boshlangan. Ushbu davr mobaynida ko'plab taraqqiyot, takomillashtirish va innovatsiyalarga erishildi. Ko'plab optik va optik tolali kimyoviy sensorlari ishlab chiqilgan va turli xil shakllari taklif qilingan va namoyish etilgan. Biroq, optik va optik tolali kimyoviy sensorlar ommaviy ishlab chiqarish va tijoratlashtirish amalga oshirilmadi. Optik va optik tolali kimyoviy sensorlarini tadqiq qilish, ishlab chiqish va qo'llash juda qiyin va talabchan fanlararo soha hisoblanadi. Bu kimyoviy sensorlar kimyosi va spektroskopiyasini yaxshi tushunishni, optika, optik tolali elektronika va asbobsozlik bo'yicha yaxshi nazariy tayyorgarlik va amaliy ko'nikmalarni, shuningdek, potentsial ilovalar va tijorat istiqbollari yaxshi tushunishni talab qiladi. Bu olimlar va muhandislar, shuningdek, ishlab chiquvchilar va foydalanuvchilar o'rtasidagi hamkorlikni talab qiladi. Shubhasiz, bu sohadagi ishlar davom etadi va optik va optik tolali kimyoviy sensorlarini tijoratlashtirish va muntazam foydalanish oxir-oqibat haqiqatga aylanadi. Ushbu maqsadga erishish uchun datchiklarning narxi, foydalanuvchilarga qulayligi, ishonchligi, mustahkamligi, uzoq muddatli barqarorligi va yaroqlilik muddati kabi masalalarni yetarlicha hal qilish kerak.

ADABIYOTLAR

1. Шарапов, Валерий Михайлович, et al. "Датчики." (2012): – С. 624-624.
2. Зайнишев А. В., Полуниев Г. А., Колганов Е. Г. Особенности процесса управления работой фотокаталитического воздухоочистителя // Научно-Практический И Учебно-Методический Журнал. – 2015. – С. 11.
3. Егоров А. А. Систематика, принцип работы и области применения датчиков // Журнал радиоэлектроники. – 2009. – №. 3. – С. 3-3.
4. Роберт В. Каттралл. Химические сенсоры.: Пер с англ // М.: Научный мир. – 2000. – С. 144
5. Граттан К.Т.В. Волоконно-оптические датчики и измерительные системы // Датчики и системы, 2001, № 3, С. 46-50.
6. Whitenett G., Stewart G., Atherton K., Culshaw B., and Johnstone W. Optical fibre instrumentation for environmental monitoring applications // J. Opt. A: Pure Appl. Opt., 2003, 5, pp.140-145.
7. Алейников А.Ф., Цапенко М.П. О классификации датчиков // Датчики и системы, 2000, № 5, С. 2-3.
8. Кулябина Е.Ю., Сидоренко М.В. Лихеноиндикационный мониторинг качества воздушной среды нижегородской области // Известия Самарского научного центра РАН. Биология и Экология, 2002, 4, С. 216-222.
9. Li Z., Askim J. R., Suslick K. S. The optoelectronic nose: colorimetric and fluorometric sensor arrays // Chemical reviews. – 2018. – Т. 119. – №. 1. – С. 231-292.
10. Gründler P. Chemical sensors // ChemTexts. – 2017. – Т. 3. – №. 4. – С. 16.
11. Gründler P. Sensor-Arrays und miniaturisierte Totalanalysatoren // Chemische Sensoren: Eine Einführung für Naturwissenschaftler und Ingenieure. – 2004. – С. 251-276.
12. Hulanicki A., Glab S., Ingman F. Chemical sensors: definitions and classification // Pure and applied chemistry. – 1991. – Т. 63. – №. 9. – С. 1247-1250.
13. Scholz G., Scholz F. First-order differential equations in chemistry // ChemTexts. – 2015. – Т. 1. – С. 1-12.
14. Chaniotakis N. A. Enzyme stabilization strategies based on electrolytes and polyelectrolytes for biosensor applications // Analytical and Bioanalytical Chemistry. – 2004. – Т. 378. – С. 89-95.
15. Gründler P. Electrochemical Sensors // Chemical Sensors: An Introduction for Scientists and Engineers. – 2007. – С. 137-197.
16. Peter Gründler. Chemical sensors. ChemTexts (2017). Page 2 of 24. <https://doi.org/10.1007/s40828-017-0052-x>.
17. Apyari V. V., Dmitrienko S. G., Zolotov Y. A. Unusual application of common digital devices: Potentialities of Eye-One Pro mini-spectrophotometer—A monitor calibrator for registration of surface plasmon resonance bands of silver and gold nanoparticles in solid matrices // Sensors and actuators B: Chemical. – 2013. – Т. 188. – С. 1109-1115.
18. М.А. Ashirov. Immobilangan amido qora va sulfarsazen organik reagentlar yordamida Pb(II) va Hg(II) ionlarini aniqlashning sorbsion-spektroskopik aniqlash usulini ishlab chiqish. Samarqand 2022 y. 113 b.