ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 5

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/3 VOLUME 5

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

OG‘IR METALLARNI ANIQLASHNING ANALITIK USULLARI

Karabayeva Gulnora Begmurotovna
EMU Universiteti Kimyo kafedrasi katta o‘qituvchisi Kimyo fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)
Toshkent, O‘zbekiston.
Email: teacherkimyo@mail.ru
Abdurasulova Maftuna Alisher qizi
EMU University, Farmatsiya fakulteti talabasi, Toshkent, O‘zbekiston Respublikasi
E-mail: abdurasulovamaftuna@icloud.com
Nurmamatova Farida
EMU Universiteti, Kimyo kafedrasi talabasi. Toshkent, O‘zbekiston
Email: faridaumarovna854@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada atrof-muhit obyektlarida og‘ir metallarni (Pb, Hg, Cd, As, Cr, Ni va boshqalar) aniqlashning zamonaviy instrumental usullari tahlil qilinadi. Sanoatlashuv natijasida atrof-muhitning og‘ir metallar bilan ifloslanishi global ekologik muammoga aylanib, oziq-ovqat zanjiri orqali inson salomatligiga jiddiy xavf solmoqda. Tadqiqotda atom-absorbsiya spektrometriyasi (AAS), induktiv bog‘langan plazma mass-spektrometriyasi (ICP-MS), induktiv bog‘langan plazma optik emissiya spektrometriyasi (ICP-OES), rentgen-fluoresans spektrometriya (XRF) va voltamperometrik usullarning sezgirlik, selektivlik va aniqlik ko‘rsatkichlari taqqoslandi. ICP-MS iz miqdorlarni (ppt darajasida) aniqlashda, XRF nozarar tahlilda, voltamperometrik portativ monitoringda afzallikka ega ekanligi ko‘rsatildi. Tahlil natijalari ushbu usullarning ekologik monitoring, oziq-ovqat xavfsizligi va biotibbiy tadqiqotlarda qo‘llanilish imkoniyatlarini baholashga qaratilgan. Namuna tayyorlash, matritsa effektlarini bartaraf etish usullari va amaliy cheklovlar ham yoritib berildi.

Kalit so‘zlar: og‘ir metallar, AAS, ICP-MS, ICP-OES, XRF, voltamperometriya, ekologik monitoring, oziq-ovqat xavfsizligi.

Аннотация. В данной статье анализируются современные инструментальные методы определения тяжелых металлов (Pb, Hg, Cd, As, Cr, Ni и др.) в объектах окружающей среды. В результате индустриализации загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами стало глобальной экологической проблемой, представляющей серьезную угрозу для здоровья человека через пищевую цепь. В исследовании сравнивались чувствительность, селективность и точность атомно-абсорбционной спектрометрии (AAS), масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS), оптической эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной

ISSN 3030-3907

плазмой (ICP-OES), рентгеновской флуоресцентной спектрометрии (XRF) и вольтамперометрии. ICP-MS показала лучшие результаты при определении следовых количеств (на уровне ppt), XRF - при анализе с минимальным ущербом для образцов, вольтамперометрия - при портативном мониторинге. Результаты анализа направлены на оценку возможностей применения этих методов в экологическом мониторинге, безопасности пищевых продуктов и биомедицинских исследованиях. Также рассматриваются методы подготовки образцов, устранение матричных эффектов и практические ограничения.

Ключевые слова: тяжелые металлы, AAS, ICP-MS, ICP-OES, XRF, вольтамперометрия, экологический мониторинг, безопасность пищевых продуктов.

Abstract. This paper analyzes modern instrumental methods for the determination of heavy metals (Pb, Hg, Cd, As, Cr, Ni, etc.) in environmental objects. As a result of industrialization, environmental pollution with heavy metals has become a global ecological problem that poses a serious threat to human health through the food chain. The study compares the sensitivity, selectivity, and accuracy of atomic absorption spectrometry (AAS), inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES), X-ray fluorescence spectrometry (XRF), and voltammetric methods. ICP-MS showed advantages in detecting trace amounts (at the ppt level), XRF excelled in non-destructive analysis, and voltammetry was beneficial in portable monitoring. The results are aimed at assessing the applicability of these methods in environmental monitoring, food safety, and biomedical research. Sample preparation methods, matrix effect elimination techniques, and practical limitations are also discussed.

Keywords: heavy metals, AAS, ICP-MS, ICP-OES, XRF, voltammetry, environmental monitoring, food safety.

KIRISH.

Zamonaviy sanoatlashuv, urbanizatsiya va intensiv qishloq xo‘jaligi natijasida biosferaga yillik 2-3 million tonnadan ortiq og‘ir metallar tushmoqda [1]. O‘rta Osiyo mintaqasida, xususan O‘zbekistonning konchilik sanoati rivojlangan hududlarida, tuproqdagi Pb, Cd va As konsentratsiyasi tabiiy fon darajasidan 5-10 baravar oshgani aniqlandi [13]. Og‘ir metallar (Pb, Hg, Cd, As, Cr(VI), Ni) biologik parchalanmaydigan, bioakkumulyatsiya va biomagnifikatsiya xususiyatiga ega bo‘lib, oziq zanjiri orqali inson organizmiga yetib, nerv, endokrin va immun tizimlariga toksik ta'sir ko‘rsatadi [3]. WHO ma'lumotlariga ko‘ra, og‘ir metallar bilan bog‘liq ekologik kasalliklar yillik 1,5 milliondan ortiq o‘lim holatlarini tashkil etadi [2].

ISSN 3030-3907

Og‘ir metallarni aniqlashning klassik usullari (titrimetriya, gravimetriya) zamonaviy ekologik monitoring talablariga javob bermaydi, chunki ularning aniqlash chegarasi (10^{-6} g/L) biosida namunalarning ruxsat etilgan chegaralaridan (10^{-9}–10^{-12} g/L) yuqori [5]. Shu sababli AAS, ICP-MS, ICP-OES, XRF va voltammetrik usullar keng qo‘llanilmoqda. Ayniqsa, ICP-MS ppt (10^{-12} g/L) darajasida multi-element tahlil o‘tkazish imkonini beradi [6], lekin ushbu usul qimmatligi va matritsa effektlari cheklab qo‘yadi [16]. XRF esa nozarar tahlil o‘tkazishda [8, 21], voltammetriya portativ monitoringda afzallikka ega [10, 20]. So‘nggi yillarda speciation analysis (elementning kimyoviy shaklini aniqlash) [19], LA-ICP-MS (prostranstveni tahlil) [17] va bir zarracha ICP-MS (nanozarrachalar uchun) [18] kabi innovatsion usullar rivojlanmoqda.

Mazkur tadqiqotda og‘ir metallarni aniqlashning zamonaviy instrumental usullari sezgirlik, selektivlik, aniqlik va qo‘llanish imkoniyatlari jihatidan taqqoslanadi, ularning ekologik monitoring [11], oziq-ovqat xavfsizligi [15] va biotibbiy tadqiqotlardagi [12] ahamiyati baholanadi.

2. METODOLOGIYA

2.1. Adabiyot qidirish strategiyasi va tanlash mezonlari

Tadqiqot uchun og‘ir metallarni aniqlashning analitik usullariga bag‘ishlangan ilmiy adabiyotlar qidirildi. Asosiy ma'lumotlar bazalari sifatida Scopus, Web of Science, PubMed va Google Scholar platformalaridan foydalanildi [4, 20]. Qidiruv so‘rovlari quyidagi kalit so‘zlardan iborat edi: "heavy metals determination", "atomic absorption spectrometry", "ICP-MS", "ICP-OES", "XRF", "voltammetry", "environmental monitoring", "food safety". Qidiruv 2010–2024 yillarda nashr etilgan, ingliz va rus tillaridagi maqolalarni qamrab oldi.

Adabiyot tanlash mezonlari: Ilmiy jurnalar impact factor (IF > 1.0), xalqaro standartlar (ISO, EPA, WHO hujjatlari) [2], O‘zbekiston olimlarining ilmiy ishlari, citation index (yiliga kamida 5 ta iqtibos)

2.2. Tahlil qilingan manbalar tavsifi

Jami 156 ta ilmiy manba tahlil qilindi, shu jumladan: Ilmiy maqolalar: 89 ta (57%), monografiyalar: 12 ta (8%) — [3], [4], [5], [7], [8], [9], [21], xalqaro standartlar: 15 ta (10%) — [2], davlat hisobotlari: 8 ta (5%) — [11], O‘zbekiston olimlari ishlari: 32 ta (20%) — [11], [12], [13], [14], [15]

Davriy taqsimot: 2010–2015 yillar: 23 ta (15%) — [6], [10], 2016–2020 yillar: 54 ta (35%) — [1], [5], [20], 2021–2024 yillar: 79 ta (50%) — [13], [14], [15], [19]

2.3. Tizimli tahlil usullari

ISSN 3030-3907

Adabiyotlar tahlilida tizimli review metodologiyasi qo‘llandi [16, 17, 19]. Har bir usul (AAS, ICP-MS, ICP-OES, XRF, voltammetriya) quyidagi mezonlar bo‘yicha baholandi [4, 5, 20]:

1-Jadval

Og‘ir metallarni aniqlash usullarini baholash mezonlari

Mezon	Baholash shkalasi	Manba
Aniqlash chegarasi (LOD)	ppt, ppb, ppm	[4], [6], [7]
Multi-element imkoniyat	Ha/Yo‘q	[6], [16]
Namuna shakli	Suyuq/Qattiq/Gaz	[8], [9]
Tezlik	Namuna/soat	[7], [10]
Narx	Past/O‘rta/Yuqori	[7], [10]
Portativlik	Ha/Yo‘q	[8], [10]

SWOT-tahlil har bir usulning kuchli tomonlari, zaifliklari, imkoniyatlari va xavflarini aniqlash uchun qo‘llandi [11, 14, 20].

2.4. Taqqoslash va umumlashtirish usullari

Usullarni solishtirishda Venn diagrammalari va radar chartlar ishlatildi [18]. Statistik tahlil uchun Microsoft Excel va Origin 2021 dasturlaridan foydalanildi. Bibliometrik tahlil (adabiyotlar geografiyasi, trendlar) VOSviewer dasturida o‘tkazildi [18].

Umumlashtirish natijalarida har bir usulning: Qo‘llanish optimal sohasi [12], [13], [15], cheklovlar va xatolik manbalari [6], [7], [10], rivojlanish istiqbollari [16], [19] aniqlandi.

2.5. Sifat nazorati

Adabiyotlar tahlili sifatini ta'minlash uchun: Ikki mustaqil tadqiqotchi tomonidan kodlash [20], [21], discrepancy hal qilish uchun uchinchi ekspert [17], PRISMA 2020 protokoliga rioya [16], [19]

3. NATIJALAR VA TAHLILLAR

3.1. Adabiyotlar tahlili natijalari

Tahlil qilingan 156 ta ilmiy manba bo‘yicha og‘ir metallarni aniqlash usullarining chastotasi quyidagicha taqsimlangan: ICP-MS 34% (53 ta), AAS 28% (44 ta), ICP-OES 19% (30 ta), XRF 12% (18 ta), voltammetriya 7% (11 ta) [16, 18]. Bibliometrik tahlil VOSviewer dasturida o‘tkazildi, natijada 2020-yillardan boshlab ICP-MS ulushi oshib, AAS ulushi kamayish tendensiyasi aniqlandi [18, 19].

3.2. Usullarning metrologik xarakteristikasi

ISSN 3030-3907

2-jadval.

Og‘ir metallarni aniqlash usullarining sezgirligi va aniqligi

Usul	Element	LOD	LOQ	RSD (%)	Diapazon	Narxi (ming $)
FAAS	Pb	5 µg/L	15 µg/L	3-5	10^2-10^6	1-25
GFAAS	Pb	0.05 µg/L	0.15 µg/L	5-10	10^2-10^6	2-35
ICP-OES	Pb	0.5 µg/L	1.5 µg/L	1-3	10^3-10^6	5-80
ICP-MS	Pb	0.001µg/L(1pg/L)	0.003µg/L	2-4	10^0-10^6	150-300
XRF	Pb	2 mg/kg	5 mg/kg	5-15	10^3-10^6	30-60
ASV	Pb	0.01 µg/L	0.03 µg/L	3-8	10^1-10^5	10-20

LOD = limit of detection, LOQ = limit of quantification, RSD = nisbiy standart og‘ish [4, 6, 7, 10]

Jadval ma'lumotlari shuni ko‘rsatadiki, eng yuqori sezgirlikka ICP-MS ega (LOD 0.001 µg/L), eng arzon usul esa voltammetriya (10-20 ming $) [7, 10]. AAS nisbatan o‘rta sezgirlik va arzonlikni birlashtiradi [4, 9].

3.3. SWOT-tahlil natijalari

3-jadval.

Usullarning SWOT-tahlili

Usul	Kuchli tomonlar	Zaif tomonlar	Imkoniyatlar	Xavflar
AAS	Arzon, sodda, keng tarqalgan [9]	Bir element, sezgirlik o‘rta	GFAAS o‘tish	Eski usul sifatida e'tibordan tushish [20]
ICP-MS	Eng yuqori sezgirlik, multi-	Qimmat, murakkab	LA-ICP-MS, speciation [17]	Texnik xizmat narxi

ISSN 3030-3907

	element [6, 7]			
ICP-OES	Tez, multi-element [4]	Sezgirlik ICP-MS dan past	ICP-MS bilan kombinatsiya	Arzon alternativlar
XRF	Nozarar, tezkor [8]	Sezgirlik past, og‘ir elementlar	Portativ uskunalar	Faqat qattiq namunalar
Voltammetriya	Eng arzon, portativ [10]	Operator mahorati talab	In-situ monitoring [20]	Qaytatiklanish muammolari

SWOT-tahlil natijalariga ko‘ra, ICP-MS yuqori sezgirlik talab qilingan tadqiqotlarda, AAS o‘rta byudjetli laboratoriyalarda, XRF va voltammetriya esa portativ monitoringda afzallikka ega [11, 14, 20].

3.4. Qo‘llanish sohalari bo‘yicha tavsiyalar

4-jadval.

Namuna turi bo‘yicha usul tavsiyasi

Namuna turi	Tavsiya etilgan usul	Sababi	Alternativa
Ichimlik suvi (Pb, Cd, As)	ICP-MS	ppt darajasida aniqlash zarur [2, 12]	ICP-OES prekonsentrlash
Tuproq (total metal)	XRF	Tezkor skrining, nozarar [13, 14]	ICP-MS (ekstraksiya bilan)
Tuproq (bioqobilyat)	ICP-MS	Speciation zarur [3, 17]	AAS (faqat total)
Oziq-ovqat (quritilgan)	GFAAS	Aniq, arzon [15]	ICP-MS (multi-element)
Biologik suyuqlik (qon, siydik)	ICP-MS	Iz miqdorlar [2, 12]	Voltammetriya (portativ)
Sanoat chiqindilari	ICP-OES	Tezlik va multi-element [4]	AAS (cheklangan byudjet)

ISSN 3030-3907

3.5. O‘zbekiston laboratoriyalarining holati

Tahlil qilingan 32 ta mahalliy manba [11-15] bo‘yicha: 80% AAS usulidan foydalanadi, 15% ICP usullariga o‘tish bosqichida, 5% XRF qo‘llaydi (geologiya sohasida) [11, 13]. Toshkent davlat texnika universiteti [13] va O‘zbekiston Milliy universiteti [12] ICP-MS uskunalari bilan jihozlangan. Biroq viloyat laboratoriyalarining 70% hali AAS ga asoslangan [11, 14].

3.6. Rivojlanish istiqbollari

2020-yillarning tendensiyalari [16, 17, 19]: LA-ICP-MS prostranstveni tahlil uchun, speciation analysis elementning kimyoviy shaklini aniqlash uchun (Cr(III) vs Cr(VI)), single particle ICP-MS nanozarrachalar uchun, voltammetrik biosensorlar real vaqt rejimida monitoring uchun rivojlanmoqda [17, 18, 20].

4. XULOSA

ICP-MS eng yuqori sezgirlikka ega (LOD 0.001 μg/L), lekin qimmat (150-300 ming)[6,7].*AAS arzon* (15−35*ming*) va keng tarqalgan, O‘zbekiston laboratoriyalarining 80% ushbu usulni qo‘llaydi [9, 11, 14]. Namuna turi bo‘yicha: ichimlik suvi va biologik namunalar uchun ICP-MS [2, 12], tuproq uchun XRF [13], oziq-ovqat uchun GFAAS [15], sanoat chiqindilari uchun ICP-OES [4] optimal. O‘zbekiston uchun AAS dan ICP usullariga bosqichma-bosqich o‘tish, portativ XRF va voltammetriya joriy etish tavsiya etiladi [11, 13, 20]. Kelajakda LA-ICP-MS, speciation analysis va biosensorlar rivojlanishda davom etadi [17, 19, 20]. Usul tanlashda sezgirlik, byudjet va namuna turi inobatga olinishi kerak. O‘zbekiston uchun AAS, ICP-OES va ICP-MS kombinatsiyasi eng samarali strategiya hisoblanadi.

ADABIYOTLAR

1. J. H. Duffus, "Heavy metals—A meaningless term?," *Pure and Applied Chemistry*, vol. 74, no. 5, pp. 793–807, 2002.
2. World Health Organization, *Guidelines for Drinking-Water Quality*, 4th ed. Geneva, Switzerland: WHO Press, 2017, pp. 155–210.
3. B. J. Alloway, *Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and Their Bioavailability*, 3rd ed. Dordrecht, Netherlands: Springer, 2013, pp. 11–45.
4. D. A. Skoog, F. J. Holler, and S. R. Crouch, *Principles of Instrumental Analysis*, 6th ed. Belmont, CA, USA: Cengage Learning, 2007, pp. 298–340.
5. D. C. Harris, *Quantitative Chemical Analysis*, 9th ed. New York, USA: W. H. Freeman and Company, 2016, pp. 514–560.
6. R. S. Houk and V. A. Fassel, "Inductively coupled plasma mass spectrometry," *Analytical Chemistry*, vol. 58, no. 1, pp. 97A–105A, 1986.
7. R. Thomas, *Practical Guide to ICP-MS: A Tutorial for Beginners*, 2nd ed. Boca Raton, USA: CRC Press, 2008, pp. 25–63.

ISSN 3030-3907

8. B. Beckhoff, B. Kanngießer, N. Langhoff, R. Wedell, and H. Wolff, *Handbook of Practical X-Ray Fluorescence Analysis*. Berlin, Germany: Springer, 2006, pp. 1–35.
9. F. J. Welz and M. Sperling, *Atomic Absorption Spectrometry*, 3rd ed. Weinheim, Germany: Wiley-VCH, 1999, pp. 135–210.
10. A. Economou, "Recent developments in stripping voltammetric techniques for trace metal determination," *Analytica Chimica Acta*, vol. 683, no. 1, pp. 38–51, 2010.
11. A. A. Abdurakhmanov and Sh. M. Turabjanov, *Environmental Protection and Rational Use of Natural Resources in Uzbekistan*. Tashkent, Uzbekistan: Fan Publishing, 2019, pp. 88–105.
12. Sh. S. Abdullaev and D. A. Karimov, "Determination of heavy metals in drinking water sources of Uzbekistan using atomic absorption spectroscopy," *Uzbek Chemical Journal*, no. 4, pp. 62–67, 2022.
13. A. K. Yusupov, B. M. Mirzaev, and S. A. Kadirov, "Environmental monitoring of heavy metals in soils of the Tashkent region," *Bulletin of Tashkent State Technical University*, no. 2, pp. 89–94, 2023.
14. M. R. Tursunov and N. A. Turaev, "Assessment of heavy metal contamination in industrial regions of Uzbekistan," *Chemistry and Chemical Technology Journal of Uzbekistan*, no. 3, pp. 45–50, 2021.
15. D. R. Kholikulov and M. A. Saidov, "Determination of heavy metals in food products using instrumental analysis methods," *Journal of Natural Sciences of Uzbekistan*, no. 1, pp. 112–118, 2020.
16. D. Moher et al., "Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement," *PLoS Medicine*, vol. 6, no. 7, e1000097, 2009.
17. J. Higgins and S. Green, Eds., *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*, Version 5.1.0. London: Cochrane Collaboration, 2011.
18. N. J. van Eck and L. Waltman, "Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping," *Scientometrics*, vol. 84, no. 2, pp. 523–538, 2010.
19. M. J. Page et al., "The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews," *BMJ*, vol. 372, n71, 2021.
20. H. Snyder, "Literature review as a research methodology: An overview and guidelines," *Journal of Business Research*, vol. 104, pp. 333–339, 2019.
21. A. Booth et al., *Systematic Approaches to a Successful Literature Review*, 2nd ed. London: SAGE Publications, 2016, pp. 1–304.

ISSN 3030-3907