



**ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ТАРАҚҚИЁТИ**
**РАЗВИТИЕ НАУКИ И
ТЕХНОЛОГИЙ**



6
2025



Тахририят ҳайъати раиси:

СИДДИҚОВА С.Ғ. –

Бухоро давлат техника университети ректори

Муовини:

НИЗАМОВ А.Б. –

БухДТУ илмий ишлар ва инновациялар бўйича проректори

Тахрир ҳайъати:

МУҚИМОВ К.М. – ЎзР ФА академиги (ЎЗМУ)

ЖАЛИЛОВ А.Т. – ЎзР ФА академиги (Тошкент кимё-технология ИТИ)

НЕГМАТОВ С.Н. – ЎзР ФА академиги (“Фан ва тараққиёт” ДУК)

БАҲОДИРОВ Ғ.А. – т.ф.д., профессор, ЎзР ФА бош илмий котиби

ХАМИДОВ О.Х. – иқтисод фанлари доктори, профессор (БухДУ)

ЖАЛИЛОВ Т.К. – иқтисод фанлари доктори (DSc), профессор (ТКТИ)

ПАРДАЕВА М.Д. – БухДТУ ёшлар масалалари ва маънавий-маърифий ишлар бўйича биринчи проректори, фалсафа фанлари доктори (DSc)

ХОЖИЕВ А.Х. – ўқув ишлари бўйича проректор, техника ф.ф.д. (PhD)

САИДОВ С.Б. – Бухоро ДТУ молия ва иқтисод ишлари бўйича проректори

ҚУРБОНОВ Ж.М. – техника фанлари доктори, профессор (Самарқанд ИСИ)

АДИЗОВ Б.З. – техника фанлари доктори (DSc), профессор, ЎзРФА УНКИ

АСТАНОВ С.Х. – физика-математика фанлари доктори, профессор

РАХМОНОВ Х.Қ. – техника фанлари доктори, профессор

ВОХИДОВ М.М. – техника фанлари доктори, профессор

ЖЎРАЕВ Х.Ф. – техника фанлари доктори, профессор

САДУЛЛАЕВ Н.Н. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАЖИДОВ Қ.Х. – техника фанлари доктори, профессор

ФОЗИЛОВ С.Ф. – техника фанлари доктори, профессор

ИСАБАЕВ И.Б. – техника фанлари доктори, профессор

АБДУРАҲМОНОВ О.Р. – техника фанлари доктори, профессор

ГАФУРОВ К.Х. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ХАЙДАРОВ А.А. – техника фанлари доктори (DSc), доцент

ЖЎРАЕВ Ф.Ў. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МУРАДОВА Ф.Р. – педагогика фанлари доктори (DSc), профессор

ЖУМАЕВ М.Р. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ЮНУСОВА Г.С. – фалсафа фанлари доктори (DSc), профессор

БОБОЕВ А.Ч. – иқтисодиёт фанлари номзоди, профессор

ТЎХТАЕВА З.Ш. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ М.Ж. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ҲАЙИТОВ Р.Р. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

БОЗОРОВ Ғ.Р. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

БОЛТАЕВ З.И. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ОЛТИЕВ А.Т. – техника фанлари доктори, (DSc)

ЖАЛИЛОВ Р.Б. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ М.И. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАЖИДОВА Н.Қ. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

АХМЕДОВ В.Н. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ Р.А. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ПУЛАТОВА М.И. – физика-математика фанлари номзоди, профессор

РАҲМАТОВ Ш.А. – педагогика фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

ОЧИЛОВ А.Р. – техника фанлари доктори (DSc), доцент

ЎРИНОВ У.А. – педагогика фанлари доктори (DSc), профессор

ПЎЛАТОВА С.У. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

САМИЕВА Ш.Х. – педагогика фанлари доктори (DSc), профессор

ТЕШАЕВ М.Х. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ХАЙТОВ В.У. – иқтисодиёт фанлари доктори (DSc), доцент

ХОЖИЕВ Ш.М. – техника фанлари доктори (DSc), доцент

ХАЙИТОВ Ш.Н. – иқтисодиёт фанлари доктори (DSc), доцент

ЗОИРОВ Э.Х. – фалсафа фанлари доктори (DSc), доцент

НАРЗИЕВ М.С. – техника фанлари доктори (DSc), доцент

НАМАЗОВА Н.Дж. – иқтисодиёт фанлари б.ф.д. (PhD), доцент

Бош муҳаррир: ДЎСТОВ Ҳ.Б. – кимё фанлари доктори, профессор

Муҳаррирлар: Артикова М.М., Истамова Г.Х.

Мусахҳиҳ: Баракаева Д.Ф.

ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ТАРАҚҚИЁТИ

ИЛМИЙ – ТЕХНИКАВИЙ ЖУРНАЛ

РАЗВИТИЕ НАУКИ И

ТЕХНОЛОГИЙ

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал Ўзбекистон матбуот ва ахборот агентлиги Бухоро вилояти бошқармасида 2014 йил 22-сентябрда № 05-066-сонли гувоҳнома билан рўйхатга олинган

Муассис:

Бухоро давлат техника университети

Журнал Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги ОАК Раёсатининг 2017 йил 29-мартдаги №239/5-сонли қарори билан диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий наشرлар рўйхатида киритилган. 2019 йилда Ўзбекистон Республикаси ОАК Раёсатининг қарорлари билан қайта рўйхатдан ўтказилган.

Тахририят манзили:

200117, Бухоро шаҳри, Қ. Муртазоев

кўчаси, 15-уй, Бухоро давлат

техника университети

Тел: 0(365) 223-92-40

Факс: 0(365) 223-78-84

Электрон манзил:

E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

Журналнинг тўлиқ электрон варианты билан

<http://journal.bstu.uz>

сайти орқали танишиш мумкин.

Ушбу журналда чоп этилган материаллар тахририятнинг ёзма рухсатисиз тўлиқ ёки қисман чоп этилиши мумкин эмас.

Тахририятнинг фикри муаллифлар фикри билан ҳар доим ҳам мос тушмаслиги мумкин. Журналда ёритилган материалларнинг ҳаққонийлиги учун мақолаларнинг муаллифлари ва реклама берувчилар масъулдирлар.

МУНДАРИЖА - СОДЕРЖАНИЕ – CONTENT

ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЖИҲОЗЛАР	
Яхяев Н.Ш. Эксплуатация нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами....	5
Назаралиева Н. Дезодорациялаш жараёни гидродинамикасини яхшилашда секцияларга ажратиш истиқболлари.....	12
Mansurov O.A. Improving the drying process of fruits using convective method.....	17
Urinov A.A. Magistral quvurlari himoya qoplamalarini modifikatsiyalashda uglevodorod xomashyosi va bitum piroliz chiqindilarini qo‘llash salohiyati.....	21
Норбоев О.Н., Улжаев Э. Расчет основного параметра емкостного датчика.....	25
Tog‘aymurodov S.Z, Rasulova B.I. Yuklama tokining o‘zgarishini transformatorlarning ichki izolyatsiyasiga bog‘liqligini tekshirish.....	30
Berdiyev D.M., Komilova G.M. Shtamp asboblarning termik ishlov berish harorat rejimlarini optimallashtirish.....	34
Зокирова Д.А. Свободных и вынужденных колебаний на установке - ТМ 155.....	38
Bibutov N.S., Hojiyev A.X., Xabibov F.Yu., Xamroyev X.X. Metall konstruksiyalar.....	42
Shukrullayev J.O., Jo‘rayev X.F. Barabanli quritgichda gidrodinamik rejimlarini nazariy tadqiq qilish.....	51
КИМЁ ВА КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯЛАР	
Беккулов Дж.Ш. Адаптивный виртуальный анализатор на основе метода “движущегося окна”, предназначенный для определения и анализа качественных показателей хлорида калия в режиме реального времени, постоянно адаптирующий свой алгоритм работы на основе последних данных.....	56
Mahmudov G‘.B., Ravshanov F.A., Qalandarov A.F. Sianlash jarayonida ionsektiv elektrodi usuli yordamida sian konsentratsiyasini o‘lchash aniqligini oshirish.....	63
Obidov H.O. Gazni qayta ishlash zavodlarida turli xildagi absorbentlarning tahlili va jihoz, qurilmalarning korroziyalanishini oldini olish.....	72
Tilloeva Sh., Sharipov K. Improvement of the demercaptanization process based on kerosene production technology.....	77
Jo‘rayeva D.Sh., Jumayev J.H., Atoev E.X. Sintez qilib olingan 1-(defenilamino)butanon-2 ning xromato-mass spektri tahlili.....	81
Ахмедова О.Б., Мустафоев Б.Ж. Риформинг жараёни учун янги авлод катализаторини танлаш.....	85
Сафаров Ё.Т., Гуро В.П., Расулова С.Н., Рузиев У.Н., Абдуллаев Ф.Р., Асадов А.И. Совершенствование технологии получения высокочистого вольфрамового ангидрида.....	90
Tojiyev O.O., Sharipov Q.Q., Yaminov F.F. Neft va gaz quduqlarining mahsuldorligini oshirish uchun tarkibi yaxshilangan kislota eritmasini olish.....	95
Фозилов Ҳ.С., Туробжонов С.М., Фозилов С.Ф. Этил спирти куб қолдиғи сивуш мойи асосида дизел ёқилғилари учун мойловчи ва едирилишга қарши присадкаларни олиш.....	100
Ranoyev E.R., Do‘stov H.B., Nurnazirova G.D. Buxoro neftni qayta ishlash zavodidagi mazut xomashyosining fizik – kimyoviy tahlili va undan moy va koks olish jarayonini tahlil qilish.....	107
Soatov B.Sh., Xasanov A.S., Hakimov K.J., Muhammadiyev E.M. Xondiza polimetall ma’danlarining kollektiv-selektiv flotatsiyasini optimallashtirish va mis boyitmasini ajratib olishning samaradorligini oshirish	113
Ниезов С.А., Умиров Ф.Э., Номозова Г.Р., Махмудов.Р.А., Худойбердиев Ф.И. Калий хлориди ва натрий гипохлорит конверсияси асосида калий хлоратини олиш.....	119
Savriyev M.S., Do‘stov H.B., Tilloyev L.I. Unconverted oil (uco) ning kimyoviy tarkibini gaz xromatografiya–mass-spektrometriya yordamida tahlil qilish.....	127

МАШИНАСОЗЛИК ВА ЭНЕРГЕТИКА	
Qo'ziyev Z.E. Quyosh fotoelektr panellarining asosiy parametrlarini tahlili va modellari.....	134
Tovboyev A.N., Tog'ayev I.B. Konveyer elektr yuritmalarida garmonik buzilishlarni kamaytirish hamda mexanik nosozliklarning elektr energiyasi sifatiga ta'sirini baholash texnologiyalari..	139
Sadullayev N.N., Murtazoyev F.F. Neft va gaz sanoatida energiya samaradorlikka ta'sir etuvchi omillar va energiya samaradorlikni oshirish imkoniyatlari.....	146
Жалилов Р.Б., Шарипова Н.О. Перспективы комбинированного производства электроэнергии, тепла и холода – актуальное направление в энергетике в условиях цифровой трансформации	150
Гафуров К.Х., Рахманов Ш.Б. Механизм влияния низкочастотного электрического поля на процесс сушки плодов (обзор).....	157
Ахмедов Х.И. Комплексное исследование химического состава, морфологии и эксплуатационных характеристик белых высокохромистых чугунов.....	161
Sayfiddinov Q.E. Ikki rotorli shamol turbinasini matlab/simulink tizimida modellashtirish va optimal parametrlarini aniqlash.....	168
Tovboyev A.N. Elektr tarmoqlarida ko'ndalang kompensatsiya tizimining funksional tahlili.....	174
Mamadjanov A.B., Akmalov J.X. Gravitatsion girdobli mikroges konussimon havzasining maqbul konstruksiyasini asoslash orqali energiya samaradorligini oshirish.....	180
Maxmudov B.M. Key factors in selecting drying process parameters and their impact on product quality and energy efficiency.....	189
ИНФОРМАТИКА ВА АХБОРОТ – КОММУНИКАЦИОН ТИЗИМЛАР	
Тураев Х.С. Повышение надёжности и безопасности сложных технологических процессов с использованием принципов условной обратной связи.....	196
Sobirov M.N. Intelektual qurilmalarning internet tarmog'i (internet of things) ga asoslangan oziq - ovqat ishlab chiqarish va qayta ishlash korxonalarining umumiy modelini ishlab chiqish...	204
Sultonov S. Mathematical modeling of the output power of a mobile power plant with a garland turbine.....	212
ОЗИҚ-ОВҚАТ САНОАТИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Dehqonova N.A., Majidov K.X. Paxta moyini rafinatsiyalash jarayonlarida zamonaviy innovatsion texnologiyalarni qo'llash va ularning matematik modelini ishlab chiqish.....	218
Абдуллаева Г.У., Курбанов М.Т. Влияние лекарственных растений и их смеси на микро-биологические показатели комбикормов при хранении.....	226
Sharipov N.Z., Qo'ldosheva F.S. Gilos danagidan moy olish jarayonini ultratovushli maydonida jadallashtirish.....	232
Kuliyeva N.G'., Sharipov N.Z. Qovoq mag'zini quritish jarayonini ultratovush ta'sirida jadallashtirishning nazariy asoslari.....	236
Кабулов Н.А., Сабиров У.К., Окилов А.К. Машинное зрение для автоматизации контроля качества продукции.....	242
Садуллаев С.Х., Шахридинов Ф.Ф. Сравнительный анализ аминокислотного состава белков, полученных из местного зерна тритикале для помола хлебопекарной муки.....	245
ТЎҚИМАЧИЛИК ВА ЕНГИЛ САНОАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Темирова Г.И. Табiiй мўйна хом ашёсининг физик-механик хусусиятларини иқтисодий харажатларга таъсирларини ўрганиш усуллари.....	253
Темирова Г.И. Аёллар устки кийими тайёрлашда фойдаланиладиган табiiй мўйна пакетининг физик-механик хоссалари.....	259

Uzoqova L.P. Tabiiy va sintetik charmlardan tayyorlangan ustki poyabzallarning shaklbardoshligini oshirish uchun shakllantirish rejimlarini ilmiy asoslash.....	264
Mirzaboyev J.B. Turli rusumli pnevmomexanik yigirish mashinalarida olingan ip sifat ko'rsatkichlarini tahlili.....	269
To'xtayeva Z.Sh., Abulova P.U. O'smirlar modasi talablari asosida antropometrik muvofiqlikning ergonomik ko'rsatkichlarini baholash.....	275
Azimova G.A., Kadirova D.N. Jun aralash tarkibli kiyimbop to'qimalarning texnologik ko'rsatkichlari tadqiqi.....	281
Gaybullayeva N.Z. Zamonaviy maxsus ish kiyimlari uchun innovatsion matolarning xususiyatlari va qo'llanilishi.....	285
Abduraxmanova F.A. Bikr qobiq yordamida poyabzal maketini barpo etish usullari.....	291
Uzoqova L.P. Poyabzal ishlab chiqarishda bichuvchi malakasining charmdan foydalanish koeffitsiyentiga ta'sirining ilmiy tahlili.....	296
Ихтиярова Г.А., Рахматова Г.Н., Асадова С.С. Исследования техники мокрого валяния - нунофелтинг на различных шелковых тканях.....	301
Эргашева Н.Д., Нигматова Ф.У., Шомансурова М.Ш., Музаффарова Ф. Модульное проектирование одежды как основа ресурсосбережения.....	306
Toshpulotov L.I., Xamrayeva S.A., Mardonov S.E. Ikki qatlamli ko'ylakbop matoning fizik-mexanik xususiyatlarini aniqlash uslublari.....	315
Kadirova D.N., Azimova G.A. Kiyimbop to'qimalarning tolaviy tarkibini aniqlash.....	320
Совутов М.Э., Мусаев Н.М., Гуляева Г.Х., Мукимов М.М. Иссиқлик сақлаш хусусияти юқори бўлган трикотаж тўқималарининг сифатини баҳолаш.....	324
Xodjayeva M.E., Gafurova N.T. Yigiruvchilar uchun maxsus kiyim yaratishda o'tkazilgan tajribalarni matematik rejalashtirish va ratsional qiymatlarini aniqlash.....	329
Toshpulotov L.I., Xamrayeva S.A., Mardonov S.E. Turli o'rilishli ikki qatlamli ko'ylakbop matolar olish texnologiyasini ishlab chiqish.....	336
Нодирова М.Н., Танибердиев Ф.Р., Исломова М.С., Хамраева С.А. Ипларнинг узиш кучини аниқлаш усулини такомиллаштириш.....	342
Turdiyev B.E. Chigit shikastlanishini kamaytirish tajriba-sinov natijalari.....	345
Avezov M.F., Kuliyeva D.R. Yengil sanoat sohasida bazalt tolali matolardan foydalanishning ilmiy-asosiy tahlili.....	350
Musayev S.S., Qodirov T.J. Maxsus poyabzal tagligi uchun etilen propilen kauchuk va polipropilen asosidagi termoplastik elastomer kompozitsiyalarning mexanik xossalarini tadqiq etish.....	353
Muxammedova M.O. Boldir-tovon bo'g'imlari shikastlangan bemorlar uchun ilmiy asoslangan ortopedik poyabzal konstruksiyasini ishlab chiqish.....	360
Fayziyev S.H., Ibodullayev O.O. Paxta tozalash mashinasini yangi konstruktsiyasini ishlab chiqish.....	365
АНИҚ ВА ИЖТИМОИЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАҢЛАР	
Burxonov Z.A. Kutubxonada ish jarayonida avtomatlashtirilgan intellektual dezinfektsiyalovchi qurilmani ishlab chiqish.....	372
Xolova Sh.A. Effectiveness of implementing internet of things devices in occupational safety: real time monitoring approach.....	377
Мухамедбаев Аг.А. Легкий пористый заполнитель автоклавного генезиса.....	381
Gadoeva O.P. Bazalt asosidagi yangi qurilish materiallarini ishlab chiqarish texnologiyalari.....	388
ЭКОЛОГИЯ ВА АТРОФ МУҲИТ МУҲОФАЗАСИ	
Xaitov R.A., Axmedova M.B., G'ulomov I.G'. Ikkilamchi xomashyolaridan foydalanib ekologik toza qurilish materiallari ishlab chiqarish	394

Xaitov R.A., Axmedova M.B., Xalikova N.S. O‘simlik xomashyolaridan foydalanib ekologik toza mahsulot yetishtirish usullari.....	399
Pirimov R.R., Juraqulov A.X. Buxoro viloyati hududida qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish imkoniyatlari.....	403
Yunusova G. R., Nabiyev A.A., Ro‘ziyev I.X. Chiqindi suvlar tarkibidagi AL, GA, TL ionlarini aniqlash usullari.....	411
Yaminov F.F., Obidov H.O. Oltingugurt-ishqorli oqova suvlarni tozalashning kimyoviy va kompleks usullari.....	417

Литература

1. Юсупбеков, Н., & Беккулов, Ж. (2023). Технологические процесса производства калийных удобрений как объекта контроля и управления. In *Международная конференция академических наук* (Vol. 2, No. 1, pp. 57-64).
2. Sherboyevich, B. J., & Askarovna, A. S. (2024). The conceptual structure of the APC-an improved system for monitoring and controlling technological processes for the production of mineral (potash) fertilizers. *American Journal of multifunctional publishing*, 1(7), 26-35.
3. Potocki, V.A., Fadeev, V.M., Maksimov, E.A., Bakhtadze, N.N. (2004). Virtual analyzers of the quality of technological process control based on a nonlinear dynamic predictor. Abstracts of the 5th International dokpads. Conferences "Problems of management and energy". Tbilisi, 35 p.
4. Ruziyev U.A., Bekkulov Zh.Sh./ Virtual Potassium Chloride Analyzer in the System of Advanced Control of Potash Fertilizer Production Processes. «Chemical technology control and management». №1 (109), 2023-pp.80-88. https://ijctcm.researchcommons.org/journal_
5. Маллаев А.Р., Беккулов Ж.Ш., Норбоев О. Н., Эшонкулов М. Н. Программа для отображения на экран данных, полученных с виртуальных анализаторов/Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. № DGU 09820.2021 г.
6. Д.А.Никитин и др. Адаптивный виртуальный анализатор в системе усовершенствованного управления// «Южно-сибирский научный вестник» №2(36).2021.ст.149-155.
7. Самотылова С.А. Разработка виртуальных анализаторов для системы управления массообменными технологическими процессами производства метилтрет-бутилового эфира //Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Владивосток -2020.
8. Chew, Chun Ming and Aroua, Mohamed Kheireddine and Hussain, Mohd Azlan. Advanced process control for ultrafiltration membrane water treatment system//Journal of Cleaner Production, 179.2018 -pp. 63-80. ISSN 0959-6526
9. Neural virtual sensor for the inferential prediction of product quality from process variables / R. Rallo, J. Ferre-Gin, A. Arena, F. Giralt // Computers and Chemical Engineering. - 2002. - Vol. 26. - P. 1735-1754.
10. Бахтадзе Н.Н., Лотоцкий В.А. Современные методы управления производственными процессами // Системы управления технологическими процессами. - 2009. - №3 (1). - С. 56-63.
11. Логунов П.Л., Шаманин М.В. и др. Усовершенствованное управление технологическими процессами //Автоматизация в промышленности. 2015. №4, с. 4-14 с.

Беккулов Джахонгир Шербоевич - Каршинский государственный технический университет доцент кафедры "Автоматизации и управления технологическими процессами" Тел: +99899-091-09-55 E-mail: jbekqulov@mail.ru

SIANLASH JARAYONIDA IONSELEKTIV ELEKTRODI USULI YORDAMIDA SIAN KONSENTRATSIYASINI O'LCHASH ANIQLIGINI OSHIRISH

Mahmudov G'.B., Ravshanov F.A., Qalandarov A.F.

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti.

Annotatsiya. Ushbu maqolada sian ionlarining konsentratsiyasini o'lchashda ionselektiv elektrodlardan (ISE) foydalanishning ilmiy-metodik asoslari, metrologik jihatidan o'lchash aniqligi va sanoatdagi qo'llanilishi keng tahlil etilgan. Nodir metallarni sianlash jarayonining umumiy fizik-kimyoviy xususiyatlari, sianlash jarayonida ISE usulining afzalliklari o'lchash aniqligini oshirishga qaratilgan texnik va algoritmik yechimlar, shuningdek o'lchash tizimining strukturaviy sxemalari va uning tavsifi yoritilgan. Bundan tashqari, ISE asosidagi o'lchash tizimlarini sun'iy intellekt bilan bog'lash orqali aniqlikni oshirish, ishonchlilikni ta'minlash hamda avtomatlashtirilgan monitoring qilish imkoniyatlarini yaratish istiqbollari ko'rib chiqilgan.

Tayanch so'zlar: sian ionlari, ionselektiv elektrod, metrologik aniqlik, sianlash jarayoni, kalibrlash, signallarni filtrlash, intellektual tizim, real vaqt monitoring, membrana selektivligi, oltin qazib olish, fizik-kimyoviy tahlil, mikroprotessorli tizim, sun'iy intellekt.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЦИАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ИОНСЕЛЕКТИВНОГО ЭЛЕКТРОДА В ПРОЦЕССЕ ЦИАНИРОВАНИЯ

Махмудов Г.Б., Равшанов Ф.А., Каландаров А.Ф.

Навоийский государственный горно-технологический университет.

Аннотация. В статье представлен комплексный анализ научных и методических основ применения ионселективных электродов (ИСЭ) для измерения концентрации цианид-ионов, их метрологической точности и промышленного применения. Обсуждаются общие физико-химические свойства процесса цианирования редких металлов, преимущества метода ИСЭ в процессе анализа, технические и алгоритмические решения, направленные на повышение точности измерений, а также структурные схемы измерительной системы и её описание. Кроме того, рассматриваются перспективы повышения точности, обеспечения надежности и создания возможностей автоматизированного контроля путем подключения измерительных систем на основе ИСЭ к искусственному интеллекту.

Ключевые слова: цианид ионы, ионселективный электрод, метрологическая точность, процесс цианирование, калибровка, фильтрация сигналов, интеллектуальная система, мониторинг в реальном времени, селективность мембран, извлечение золота, физико-химический анализ, микропроцессорная система, искусственный интеллект.

INCREASING THE ACCURACY OF CYANINE CONCENTRATION MEASUREMENT USING THE ION-SELECTIVE ELECTRODE METHOD IN THE CYANIDATION PROCESS

Makhmudov G.B., Ravshanov F.A., Kalandarov A.F.

Navoi state mining-technological university.

Abstract. The article presents a comprehensive analysis of the scientific and methodological foundations of the use of ion-selective electrodes (ISE) for measuring the concentration of cyanide ions, their metrological accuracy and industrial application. The general physicochemical properties of the rare metal cyanidation process, the advantages of the ISE method in the analysis process, technical and algorithmic solutions aimed at improving the accuracy of measurements, as well as structural diagrams of the measuring system and its description are discussed. In addition, the prospects for improving accuracy, ensuring reliability and creating automated control capabilities by connecting ISE-based measuring systems to artificial intelligence are considered.

Keywords: cyanide ions, ion-selective electrode, metrological accuracy, cyanidation process, calibration, signal filtering, intelligent system, real-time monitoring, membrane selectivity, gold extraction, physicochemical analysis, microprocessor system, artificial intelligence.

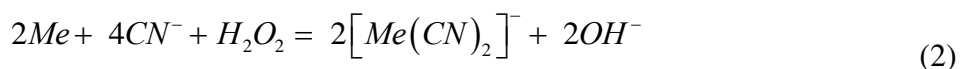
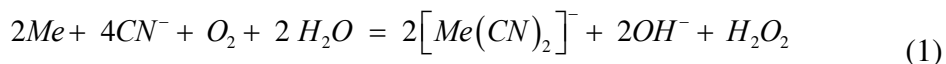
Kirish. Jahonda so'nggi vaqtlarda oltin tarkibli madanlardan oltinni ajratib olish jarayonlaridan biri sorbsiyali sianlash usuli bilan ishlab chiqarish jarayonlarini modellashtirish va boshqarish texnologiyalarida tayyor mahsulotlarning sifat ko'rsatkichlari bo'yicha avtomatik va avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlarini takomillashtirishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Shuning uchun sorbsiyali sianlash jarayonining energiya va resurs tejamkor, optimal parametrli boshqarish tizimlarini ishlab chiqish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Gidrometalurgik jarayonlarida zaharli kimyoviy reagentlar va chiqindilarni atrof-muhitga zarar yetkazayotganligi, madan konsentratsiyalariga ishlov berish usullarini xavfsizroq qo'llash eng muhim muammolardan biri hisoblanadi. Ko'plab davlatlarda madanlardan oltinni ajratib olish uchun eritma konsentratsiyalari sifatida sian eritmasi (NaCN) ishlatiladi. Lekin bu jarayon ekologik nuqtayi nazardan juda ham xavfli hisoblanadi. Chunki yuqori darajali zaharli reagentlar ishlatiladi. Bu esa atrof – muhida va ishchilarga xavf tug'diradi.

Zamonaviy sanoat ishlab chiqarish korxonalarida texnologik jarayonlarning avtomatlashtirilgan nazorat qilish va rostlash tizimlarini ishlab chiqib, ularni joriy qilish tadbirlari amalga oshirilib kelmoqda. Bu esa bevosita ishlab chiqarish unumdorligi, tayyor mahsulot sifati hamda tannarxiga katta ta'sir o'tkazadi [1].

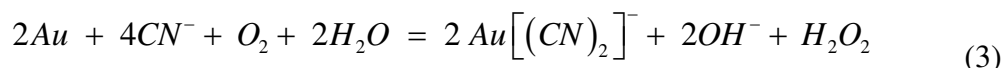
Yechiladigan muammo va masalaning qo'yilishi. Oltin ishlab chiqarish fabrikalarida sorbsiyali sianlash usulida oltin tanlab eritish jarayoni asosiy jarayonlaridan biri hisoblanadi. Bugungi kunda sorbsiyali sianlash usulida oltin ajratib olishda aktiv ko'mir yoki ion almashinuvchi smolalar yordamidagi texnologiyalar Rossiya Federatsiyasi hamda MDH Respublikalarida jumladan: Rossiyada: Kuran, Keramin, Lebidin, Severoenisey; O'zbekistonda: Murantau (NKMK:

GMZ1, GMZ2, GMZ3, GMZ4, GMZ5, GMZ6 va GMZ7), Angren va Marjonbuloq; Qizg'izistonda: Makmal; Armeniyada: Ararat korxonalarida amalda qo'llanilmoqda [1-2].

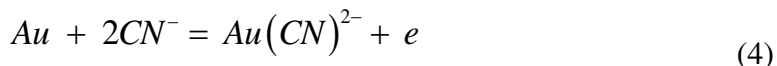
Kichik o'lchamli oltin zarrachalarini ajratib olishning asosiy usullaridan biri bu sianlash jarayoni hisoblanadi. Sianlash jarayonining asosiy mohiyati – nodir metallarni ishqoriy metallari bilan hosil qilgan tuzlar va kislorod yordamida eritishdan iborat. Odatda, oltin tarkibli madanlarni sianlashdan oldin 80 – 90 % kattalikkacha 0,074 mm o'lchamda yanchiladi. Sianlash jarayonida oltin kislorod yordamida oksidlanadi va eritmaga kompleks anion ko'rinishda o'tadi. Jarayonning umumiy kimyoviy ko'rinishi quyidagi 2 ta ketma-ket reaksiya orqali boradi [3]:



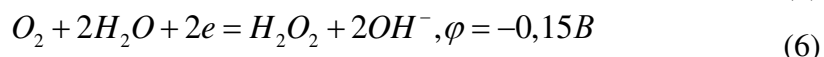
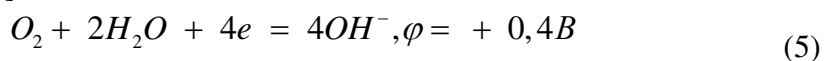
Oltin bilan ko'pincha birinchi reaksiya amalga oshadi, ya'ni:



Sianlash jarayoni elektrokimyoviy jarayon hisoblanib, oltinning erishiga asosiy sabab uning kompleks ion $Au(CN)_2$ ni hosil qilishidir. Oltin juda yuqori erkin energiyaga ega bo'lib, u NaCN ishtirokida kompleks ion hosil qilishini (3) reaksiya tenglamasidan ko'rish mumkin. Oltin kompleksi sian ionlarining metall yuzasida diffuziyasi sababli hosil bo'ladi. Ular suv molekularini siqib chiqarib metall bilan ta'sirlashadi va natijada oltin anion kompleks hosil bo'ladi va oltin eritmaga o'tadi [1]:



Shunday qilib, oltin ionining yo'qotilishi valent elektronning erkinlashishi oltinning elektronlarini berilishi bilan izohlanib, u mikroelementda galvanik tok hosil qiladi va anodga aylanadi. Katod bo'limida kislorodning qaytarilishi kuzatiladi va natijada ma'lum miqdorda vodorod pereoksid hosil bo'ladi [1-2].



Yuqorida keltirilgan (5-6) reaksiyalar orasida sekin boradigani bu kislorodni qaytarilishi hisoblanadi. Ushbu jarayonning mohiyati shundan iboratki, molekula holidagi kislorod parchalanib atom holiga o'tadi. Sianlash jarayonida NaCN ning 0,02-0,05 % li eritmasi ishlatiladi. Oltin kompleks holda erib eritmaga o'tadi. Yuqorida keltirilgan moddalarning kamayishi, jarayonni sekinlashishiga olib keladi. Kislorod va sian konsentratsiyasini oshib ketishi salbiy natija beradi, chunki kislorod va NaCN eritma tarkibidagi qo'shimcha metallarni eritishga olib keladi va bu esa oltin ajratib olishni qiyinlashtiradi. Sianlash jarayonini olib borish harorati 20-45 °C da olib boriladi. Bunda erigan kislorodning diffuziyasining ishonchli borishini ta'minlash kerak. Eng kerakli sharoit uchun NaCN va O_2 larning diffuziya tezligi barobar bo'lishi kerak [4].

NaCN konsentratsiyasini o'ta ko'payishi, erish jarayonini oshirmaydi. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, kislorodning portsial bosimi 0,21 atm., bo'lganda NaCN ning chegaralangan konsentratsiyasi 0,02-0,1 % ga teng bo'lishi kerak. Bu kattaliklar oltin saralash fabrika va zavodlarining ko'rsatkichlariga mos keladi. Agar NaCN ning kerakli konsentratsiyasini ushlash oson bo'lsa, kislorod uchun bu ish murakkab sanaladi. Sianning optimal konsentratsiyasini tanlashda eritma tarkibidagi kislorod konsentratsiyasi hisobga olinadi. Reagentlarning konsentratsiyalarini o'lchashda elektrolardan foydalanishning statsionar sharoitlari uchun ionometriyaning nazariy asoslari ancha batafsil ishlab chiqilgan bo'lib [6-7], gidrodinamik nazorat qilinadigan sharoitlarda potensiometrlik aniqlash nazariyasi 1980-yillarga kelib jadal rivojlana boshlagan.

Zamonaviy sanoat ishlab chiqarish jarayonlarida kimyoviy reaksiyalarni aniq va tezkor nazorat qilish texnologik xavfsizlik hamda mahsulot sifati uchun muhim ahamiyatga ega. Ayniqsa, nodir metallar, jumladan oltin va kumush rudalaridan ajratib olishda keng qo'llaniladigan sianlash jarayoni samaradorligi ko'p jihatdan NaCN konsentratsiyasining to'g'ri belgilanishiga bog'liq hisoblanadi.

Sianlash jarayonida sian ionlari metallarning eruvchan komplekslarini hosil qilib, ularni rudadan ajratib olishga imkon yaratadi. Jarayon samaradorligi va ekologik xavfsizligi sianning hajmiy sarfini boshqarishga tayanadi. Sian konsentratsiyasining ortiqcha bo'lishi atrof-muhit uchun xavfli chiqindilarga olib keladi, yetarli darajada bo'lmasa, texnologik jarayon to'liq rejim amalga oshmaydi. Shu sababli, NaCN konsentratsiyasini yuqori aniqlikda va real vaqt rejimida o'lchash dolzarb vazifalardan biri sanaladi. NaCN konsentratsiyasini o'lchashning an'anaviy usullari – titrimetrik analiz, kolorimetriya va spektrofotometriya – odatda laboratoriya sharoitida qo'llaniladi va ko'proq vaqt talab etadi. Ushbu usullarni ishlab chiqarish jarayonining o'zida to'g'ridan-to'g'ri amalga oshirishning imkoniyati yo'q. Shuning uchun, ularning sezuvchanligi va qayta takrorlanuvchanligi ko'pincha talab darajasida bo'lmaydi. Ushbu muammoning zamonaviy yechimlaridan biri – ionselektiv elektrodlarga (ISE) asoslangan avtomatlashtirilgan o'lchash tizimlaridan foydalanish hisoblanadi. ISE texnologiyasi orqali eritmadagi ma'lum ionlarga sezgir elektrokimyoviy datchiklar yordamida tezkor va aniqligi yuqori tahlillarni amalga oshirish mumkin.

ISE eritmadagi ma'lum bir ionga sezgirlikni ko'rsatadigan maxsus elektrokimyoviy sezgir element hisoblanadi. Ular ion selektiv membranasi, ichki elektrod, ichki bufer eritmasi va tashqi korpusdan iborat bo'lib, turli analitik o'lchashlarda keng qo'llaniladi. NaCN uchun ishlab chiqilgan ISE lar ushbu ionga nisbatan yuqori selektivlik xususiyatiga ega bo'lib, oltin ajratish texnologiyalarida muhim ahamiyat kasb etadi.

ISE larining ishlash prinsipi Nernst tenglamasiga [8] asoslangan bo'lib, elektrod potentsiali eritmadagi ionning konsentratsiyasiga proporsional bo'ladi:

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln(a_{CN^-} + \sum K_i a_i) \quad (7)$$

bu yerda, K_i – interferent ionlar ta'sirini ko'rsatuvchi koeffitsiyent, E – o'lchanayotgan potentsial, E^0 – standart potentsial, R – gaz doimiysi, T – mutlaq harorat (Kelvin), n – ion zaryadi (CN^- uchun $n=1$), F – Faradey doimiysi, a_{CN^-} – sian ionlarining konsentratsiyasi bilan ifodalanadi.

Mazkur tenglama asosida ISE potentsiali logaritmik ko'rinishda o'zgaradi. Ushbu xususiyat tahlilning sezuvchanligini oshiradi va konsentratsiya o'zgarishlarini aniq qayd etish imkonini beradi. ISE sian ionlariga optimal selektivlikni faqatgina pH 11–13 oralig'ida namoyon qiladi.

Eksperiment va olingan natijalarning tahlili. Tahlil qilinayotgan pulpa tarkibidagi metallning xususiyati va uning konsentratsiyasini aniqlashda muhitning xususiyatlarga bog'liq bo'lgan yondashuv asosida amalga oshiriladi. Ushbu sohaning muammolaridan biri sianli eritmalar $[Au(CN)_2]^-$ tarkibidagi oltin konsentratsiyasini aniqlashning potentsiometrik usulini ishlab chiqish hisoblanadi [9]. Tahlil qilinayotgan NaCN yirik gidrofobli kationlar bilan ionli birikmalarni hosil qilib, organik erituvchilar yordamida oson ajratib olinadi.

Pulpa tarkibini tahlil qilishdan oldin ISE kuchli sianli oltin tarkibli eritmalarda uzoq vaqt saqlab turildi. Tadqiqotlarni o'tkazish uchun 1-jadvalda keltirilgan xususiyatlarga ega bo'lgan oltin tarkibli NaCN lardan foydalanildi.

1-jadval

Standart eritmalarining xususiyatlari

№	Konsentratsiya Au, mg/dm ³	Konsentratsiya NaCN,%	Konsentratsiya NaOH,%
1	2	0,12	0,85
2	11,6		
3	106,3		
4	977		

ISE ning metrologik xarakteristikalarini tadqiq qilish uchun quyidagi uskunalaridan foydalanildi:

- I-160M markali laboratoriya ionomerining asosiy yo‘l qo‘yiladigan xatoligi $\pm 1\text{mV}$ va ishchi diapazoni $-3000\ldots+3000\text{ mV}$ ga teng;
- Biosan MSH-300 harorat rostlagichiga ega elektromagnitli aralashtirgich;
- elektrodli o‘lchash yacheykasi 50 ml;
- EVL-1,3 M markali taqqoslash elektrodi.

Kimyoviy datchiklarning sezgirligini aniqlovchi elektrod funksiyasining qiyaliligi [10] EYuK qiymatlari bilan aniqlanayotgan moddaning konsentratsiyasi logarifmi orasidagi bog‘lanishni ifodalovchi parametr bo‘lib, u son jihatdan haroratga bog‘liq bo‘lgan Nernstning burchak ko‘effitsiyentiga teng. $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ haroratda va aniqlangan ionning faolligi o‘n marta o‘zgarganda, u bir zaryadli ionlar uchun $59,16\text{ mV}$ va ikki zaryadli ionlar uchun $29,58\text{ mV}$ ga teng. Biroq, odatda qiyalik burchagi ko‘effitsiyenti nazariy qiymatdan pastroq bo‘ladi. Bunga halaqit beruvchi aralashmalarning mavjudligi va membranasidan yuvib chiqarilishi sabab bo‘ladi. ISE membranasining tarkibidagi moddalar xususiyatiga ko‘ra, quyidagi turlarga bo‘linadi [6-8]:

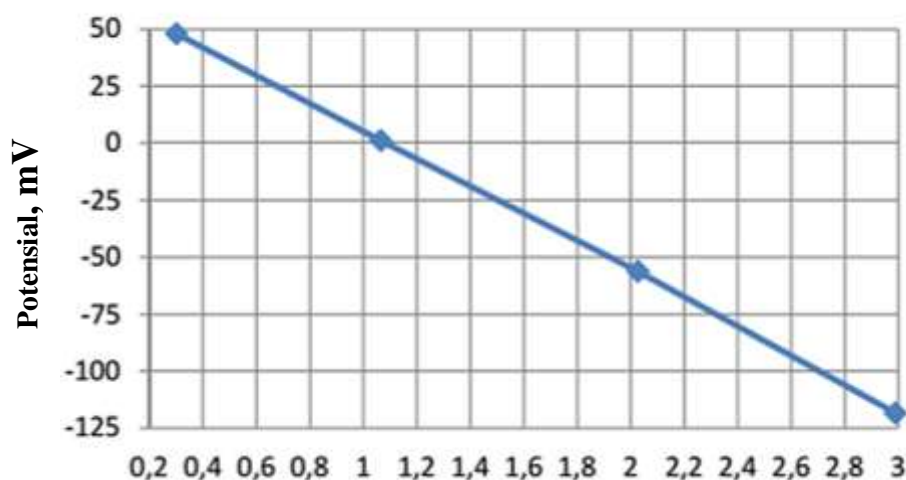
- qattiq membranali elektrodlar;
- ion almashinuvchanlikka asoslangan suyuqlikli elektrodlar;
- gazli va fermentli elektrodlar;
- ion selektiv maydonli tranzistorlari;
- polivinilxlorid membranali elektrodlar;

PVX membranalar birinchi marta Mangoliya olimi A. Shatki tomonidan taklif qilingan. Bunday membranalarni ishlab chiqish usuli J. Mudi, R. Oke va D. Tomaslar tomonidan taklif etilgan va keng qo‘llanilgan [7].

2-jadval

PVX-elektrodning statik xarakteristikasini olish natijalarini qayta ishlash

Parametr	Konsentratsiya, mg/dm^3			
	2	11,6	106,3	977
O‘lchashlar soni	6	6	6	6
Matematik kutilma, mV	47,95	1,15	-56,20	-118,38
O‘rtacha kvadratik og‘ishi, mV	1,12	1,63	1,16	0,63
0,95 ehtimollik uchun ishonchli qiymat oralig‘i	2,874	4,191	2,984	1,629



$\lg C([Au(CN)_2]^-)$ oltin konsentratsiyasi

1-rasm. Normal sharoitda ISE ning statik tavsifi

Nazariy qiymatdan yuqori bo'lgan qiyalik burchak koeffitsiyentlari juda kam hollarda kuzatiladi. Ular shuni ko'rsatadiki, asosiy jarayondan tashqari, bir qator qo'shimcha elektrodagi jarayonlari ham sodir bo'ladi. Bu hodisani kumush simdan tok olish usulini qo'llab, unga membrana qoplash paytida kuzatgan. O'lchash ma'lumotlarini statistik qayta ishlash natijalari 2-jadvalda keltirilgan. Statik xarakteristikaning grafik ko'rinishi 1-rasmda keltirilgan.

Elektrodning o'rtacha qiyaligi 56 ± 2 mV/lgC ni tashkil etdi. Tadqiqot natijalari quyidagilarni ko'rsatdi:

- yaratilgan ISE ning statik tavsifi koordinatalarda chiziqli bo'ladi:

$$E = f(\lg C([Au(CN)_2]^-)) \quad (8)$$

- o'rtacha kvadratik og'ish 2 mV dan oshmaydi;
- elektrod oltin konsentratsiyasining o'zgarishiga yetarlicha sezgir bo'ladi.

Potensiallarni o'rnatish vaqti yoki javob berish vaqti [6] har qanday o'lchash vositasining ishlashining dinamik xarakteristikalaridan biri hisoblanadi. Bu tushuncha elektrodning eritmaga botirilgan paytidan boshlab, ko'rsatkichlar barqarorlashgan paytgacha bo'lgan vaqt oralig'ini anglatadi. Ushbu vaqt oralig'ida potensial muvozanat yoki turg'un qiymatga erishadi.

ISE potensialining siljishi elektrod yuzasi tuzilishidagi o'zgarishlar va ion almashinuvchi ionlarning tekshirilayotgan eritmada erishi bilan bog'liq hodisa hisoblanadi. Adabiyotlarda keltirilgan potensial siljish qiymatlari sezilarli darajada farqlanadi va ba'zi ma'lumotlarga ko'ra, ushbu ko'rsatkich sutkasiga 2-4 mV gacha yetishi mumkin. Eritmaning konsentratsiyasi va harorati o'zgarish bo'lgan sharoitda, potensialning o'zgarishi elektrod tizimining vaqt davomida potensial o'zgarishini o'lchash orqali tadqiq qilindi [11].

O'lchash asbobining ishlashiga quyidagi omilning ta'sirini bartaraf etish maqsadida, elektrodli o'lchash tizimi ko'rsatkichlariga tuzatish kirituvchi algoritmi ishlab chiqildi. Algoritmi quyidagi amallar ketma-ketligi bilan ifodalanishi mumkin.

1. O'lchash tizimini ikki nuqta bo'yicha kalibrlash ishga tushiriladi, bunda birinchi kalibrlash eritmasi uchun potensial $E_1(0)$ va ikkinchi kalibrlash eritmasi uchun potensial $E_2(0)$ mV da qayd etiladi, shuningdek kalibrlashni o'tkazish vaqti eslab qolinadi.
2. O'lchashlarning birinchi bosqichida siljish bo'yicha tuzatish kiritilmaydi.
3. t vaqtdan keyin o'lchash tizimini qayta kalibrlash amalga oshiriladi, shuningdek ikkita kalibrlash eritmalarini $E_1(t)$ va $E_2(t)$ uchun potensial qiymatlari qayd etiladi va kalibrlash vaqti t sekundlarda qayd etiladi.

4. Ikkita kalibrlash o'rtasidagi potensial siljishi hisoblanadi:

$$\begin{aligned} \Delta E_1 &= E_1(t) - E_1(0) \\ \Delta E_2 &= E_2(t) - E_2(0) \end{aligned} \quad (8)$$

5. Siljishning o'rtacha qiymati hisoblanadi va sekundga teng bo'lgan vaqt birligiga keltiriladi:

$$D = (\Delta E_1 + \Delta E_2) / (t_2), \quad (9)$$

bu yerda: D – mV/s da ifodalanagan tuzatish qiymati.

6. Oxirgi bosqichda o'lchangan E_{tek} potensialining qiymatiga oxirgi kalibrlashdan keyin o'tgan t_{tek} vaqtga ko'paytirilgan D tuzatish qiymatini qo'shish yo'li bilan tuzatish kiritiladi

$$E_x = E_{tek} + D \cdot t_{tek} \quad (10)$$

bu yerda: E_x – tuzatish kiritishni hisobga olgan holda o'lchash tizimi potensialining qiymati.

Izopotensial nuqtaning haqiqiy koordinatalarini aniqlash uchun eritmada elektrod potensialini ikki temperaturada o'lchash kifoya. Izopotensial nuqtaning koordinatalarini hisoblash quyidagi formulalar bo'yicha amalga oshirildi:

$$LgC_u = \frac{E_{t1} - E_{t2} + S_{t2} \cdot LgC_{t2} - S_{t1} \cdot LgC_{t1}}{S_{t2} - S_{t1}} \quad (11)$$

$$E_u = S_{t1} \cdot (LgC_u - LgC_{t2}) + E_{t1} \quad (12)$$

bu yerda: E_{t1} va E_{t2} – elektrodning t_1 va t_2 haroratlardagi potentsiallari, S_{t1} va S_{t2} – tegishli haroratdagi qiyaligi, LgC_{t1} va LgC_{t2} – tegishli haroratda o‘lchangan eritmalar konsentratsiyasining o‘nli logarifmlari, E va lgC – izopotensial nuqtaning koordinatalari.

Birinchi datchik uchun izopotensial nuqtaning qiymatlari:

$$E_u = -120mB \lg C_u = 3,07 ;$$

Ikkinchi datchik uchun

$$E_u = -143mB \lg C_u = 3,7$$

Izopotensial nuqtaning koordinatalaridan foydalanib, elektrodning E_t potentsialining berilgan t harorati uchun LgC ga bog‘liqligini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$E_t = E_u \mp S_t (LgC_t - \lg C_u) . \quad (13)$$

Amaliy hisoblashlar uchun mazkur tenglamadan quyidagi ko‘rinishda foydalanish maqsadga muvofiq:

$$E_t = E_u - (E_0 + 0,198 \cdot (273,15 + t))(LgC - \lg C_u) . \quad (14)$$

Mos ravishda eritmaning LgC qiymati t temperaturada quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$LgC_t = \lg C_u + \frac{(E_t - E_u)}{S_t} , \quad (15)$$

bu yerda: S_t – berilgan harorat uchun elektrod funksiyasining qiyaligi; LgC_t – eritma konsentratsiyasining berilgan haroratdagi o‘nli logarifmining qiymati.

ISElarga asoslangan o‘lchash tizimlarining asosiy ustunligi ularning sezuvchanligi va aniq o‘lchash qobiliyati sanaladi. Biroq real sharoitda ISEning o‘lchash aniqligi membrana sifati, eritma tarkibi, signalni qayta ishlash texnologiyasi, kalibrlash aniqligi va interferensiyaga qarshi himoya ko‘plab omillarga bog‘liq bo‘ladi.

ISE dan olingan signal odatda kuchlanishi pastroq va shovqin ta’siri ostida bo‘ladi. Uni aniqlik bilan unifikatsiyalash va raqamli signalga o‘zgartirish uchun Kalman va boshqa filtrlar, ARO‘ (Analog raqamli o‘zgartirgich) lar qo‘llaniladi. Bundan tashqari oraliq kuchytirgich sxemalari orqali birlamchi o‘zgartirgichdan olingan mV ko‘rinishidagi signallarni V ko‘rinishida kuchaytiriladi.

ISE larga asoslangan tizimlarni zamonaviy mikroprotsessor va sun’iy intellekt algoritmlari bilan bog‘lash orqali real vaqtli, aniq va mustahkam o‘lchash tizimlari yaratish mumkin. Ushbu yondashuv raqamli sanoat (Industry 4.0) talablari bilan uyg‘un bo‘lib, sianlash jarayonidagi sian konsentratsiyasini avtomatik nazorat qilish va rostdlashni ta’minlaydi [4-5].

Olingan natijalarning qo‘llanilish sohalari. Zamonaviy mikrokontrollerlar ISE datchiklaridan olingan signalni o‘qish, raqamli signalga o‘zgartirish va qayta ishlash uchun asosiy vosita bo‘lib xizmat qiladi. Eng ko‘p qo‘llaniladigan mikrokontrollerlar sifatida STM32 – kuchli ARO‘, DMA va UART interfeyslariga ega, ESP32 – Wi-Fi va Bluetooth modullari bilan jihozlangan, bulutli texnologiyaga ulanish imkoniga ega, Arduino UNO / Mega – o‘rganish uchun qulay, past energiya sarfi, Raspberry Pi – yuqori darajadagi hisoblash quvvatiga ega bo‘lgan mikrosxemalarni olish mumkin [12].

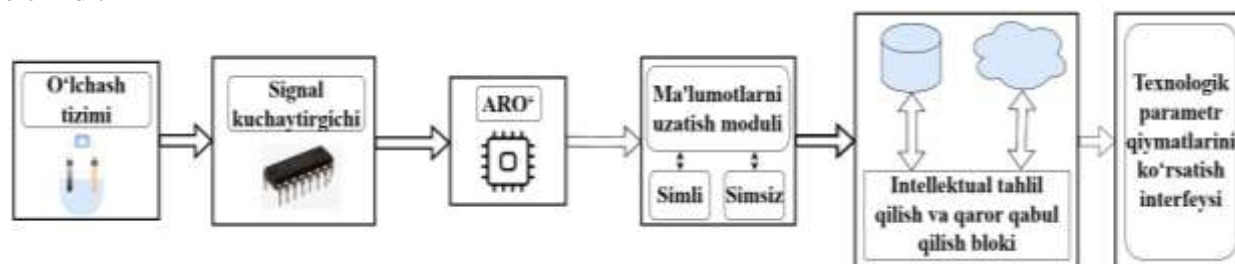
O‘lchash aniqligini oshirish va natijalarni tahlil qilish uchun ISE tizimiga sun’iy intellekt (SI) algoritmlari bog‘lash orqali yuqori samaradorlikka erishish mumkin. Bunda SI ning sun’iy neyron tarmoqlari [13] – oldingi natijalar asosida yetarli aniqlikda bashorat qilish uchun, noravshan mantiq [14-15] – noravshan signallardan tushunarli xulosa chiqarish uchun, Decision Tree va Random Forest [16] – signalni belgilariga ko‘ra sinflash hamda diagnostika qilish uchun eng samarali vositalarida sanaladi.

SI algoritmlarining dasturiy ta’minotlarini Python, MATLAB yoki LabVIEW muhitida ishlab chiqilib, mikrokontroller bilan bog‘langan kompyuter orqali sinxronlash mumkin. Natijada, o‘lchash kanallaridagi signal shovqini kamayadi, o‘lchash natijalarini avtomatik tarzda baholash va

tahlil qilish mumkin bo'lad, avtomatik ravishda signallash tizimlari joriy etiladi. Bu esa bevosita texnologik jarayon parametrlarni sarfini hamda jarayon stabil optimal rejimda borishini ta'minlaydi.

Intellektual tizimlarda o'lchash natijalarini masofadan monitoring qilish imkoniyati ham mavjud. Buning uchun bugungi kunda rivojlanib borayotgan LoRa – uzoq masofali va energiya tejankor uzatish (10 km gacha), Wi-Fi / Ethernet – tarmoq orqali real vaqt rejimida ma'lumotlarni uzatish, Bluetooth / BLE — mobil qurilmalarga ulanish va GSM / GPRS (SIM800L) — mobil aloqa orqali uzatish uchun texnologiyalardan foydalanish maqsadga muvofiq.

ISE asosidagi intellektual o'lchash tizimining strukturaviy sxemasi quyidagi ko'rinishda keltirildi.



1-rasm. ISE asosidagi intellektual o'lchash tizimining strukturaviy sxemasi

ISE larga asoslangan sian konsentratsiyasini o'lchash tizimi samaradorligini baholash uchun laboratoriya va yarim sanoat sharoitida tajribalar o'tkazildi. Tadqiqotlar sian ionlarining turli konsentratsiyadagi eritmalaridagi elektrodan berilyotgan signalini, interferensiya omillari, kalibrlash chiziqlari va sun'iy intellekt yordamida aniqlikni oshirish imkoniyatlarini qamrab oldi.

Eksperimental sinov tajribasida Ag_2S asosidagi sian konsentratsiyasini sezuvchi ISE, Ag/AgCl (3M KCl eritmasida) taqqoslovchi elektrod, pulpadagi pH qiymati 11,5–12,8 oralig'ida NaOH standart buffer eritmasi, $1 \cdot 10^{-6}$, $1 \cdot 10^{-5}$, $1 \cdot 10^{-4}$, $1 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 10^{-2}$ mol/l konsentratsiyali kalibrlash eritmaları, 12-bitli STM32 mikrokontrollerli ARO, Kalman filtrlari [17], Python muhitida yaratilgan 3 qatlamli sun'iy neyron tarmoqlari qo'llanilgan.

Tajriba raqami	Konsentratsiya (mol/l)	O'lchangan potensial (mV)	Aniqlik (%)
1	$1 \cdot 10^{-2}$	-93.4	± 1.8
2	$1 \cdot 10^{-3}$	-117.6	± 2.0
3	$1 \cdot 10^{-4}$	-141.1	± 2.2
4	$1 \cdot 10^{-5}$	-164.7	± 3.8
5	$1 \cdot 10^{-6}$	-188.2	± 5.1

Yuqori konsentratsiyalarda ($\geq 10^{-4}$ mol/l) ISE juda barqaror signal bergan. Past konsentratsiyalarda esa shovqin ko'paygan, ammo raqamli filtrlash yordamida foydali signal ajratib olingan. Taqqoslovchi ionlar ta'siri: Zn^{2+} (10^{-3} mol/l) – $\pm 1,2$ mV, Cu^{2+} (10^{-3} mol/l) – $\pm 1,7$ mV, SO_4^{2-} va NO_3^- – deyarli nol interferensiya, HCN (gaz holati) – signalga ta'sir qilmagan (pH 12 dan yuqori bo'lgani uchun) ko'rib chiqildi.

Xulosa. ISE tizimi STM 32 orqali jihozlangach, o'lchash natijalari grafik interfeys orqali ko'rsatildi. Grafik interfeysning asosiy funksiyalari sifatida real vaqt konsentratsiya grafigini ko'rsatish, pH va haroratni real vaqt rejimida monitoring qilish, "Konsentratsiyaning chegaraviy qiymatlarida" signallash, Excel/PDF hisobotlarni yaratish va nusxalab berish imkoniyatlariga erishildi.

ISE larga asoslangan sian ionlarini o'lchash tizimi – zamonaviy metrologik, texnologik va ekologik talablarga javob beruvchi, yuqori aniqlikli va tezkor o'lchash usuli sifatida sanoat jarayonlarida o'zining dolzarbligini isbotlamoqda. Ayniqsa, oltin va boshqa qimmatbaho metallarni sianlash texnologiyasida, bu usulning qo'llanilishi samaradorlikni oshirish bilan birga, xavfsizlikni ham ta'minlaydi [18]. Raqamli signalni qayta ishlash (Kalman, Moving Average) orqali signal shovqinlari sezilarli darajada kamaytirishga erishildi. SI texnologiyalari yordamida o'lchash aniqligi

oʻrtacha 18 % ga oshirildi, bu esa tizimning adaptivligini va oʻz-oʻzini optimallashtirish imkoniyatini yaratdi. Tizimni mikrokontrollerlar (STM32, ESP32) va LoRa/Wi-Fi [19] orqali intellektual monitoring qilish tizimlariga bogʻlash orqali, real vaqt rejimida sianlash jarayonidagi sian konsentratsiyasini uzluksiz nazorat qilish imkoniyati paydo boʻldi.

Kelajakda quyidagi yoʻnalishlarda tadqiqot va amaliy ishlanmalarni davom ettirish uchun koʻp ionli selektiv tizimlarni ishlab chiqish (sian bilan birga rux, mis, nitratlar aniqlanishi), SI bilan oʻz-oʻzini oʻrganuvchi kalibrlash algoritmlari ishlab chiqish, bulutli texnologiyalarga asoslangan monitoring tizimlari (IoT) [19] orqali onlayn nazorat qilish, portativ ISE qurilmalarini ishlab chiqish va konchilik sanoatidagi boyitish jarayonlarida bevosita qoʻllash maqsadga muvofiq. Mazkur maqolada aynan sianlash jarayonida ISE usulini qoʻllashning ilmiy asoslari, metrologik talablari, signalni tahlil qilish algoritmlari va sunʼiy intellekt bilan integratsiyalash imkoniyatlari keng yoritiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Петухов О.Ф., Санакулов Қ.С., Хасанов А.С., Мустокимов О.М. “Окислительно–востановительные процессы в металлургии”. Ташкент, “Истиқлол нури” 2013 г.
2. de Andrade Lima, L.R.P., Hodouin, D., and Bax, A. (2002). Comparison of empirical and phenomenological approaches to the analysis of gold cyanidation plant performance. In: Laplante, A. (ed.), Proceedings of the International Symposium on Gold Recovery. CIM Special Volume, no. 51, pp. 45-55.
3. Шумилова В.Л. “Подготовка пирит – арсенопиритового концентрата к выщелачиванию золота на основе использования полиреагентных комплексов” Transbaical State University, “Горне науки и технологии” / “Mining science and technology”, 2016, № 1, pp. 3–11.
4. О.А. Жумаев, А.А. Ахматов, Г.Б. Махмудов. «Моделирование процессы оптимального смешения цианистых растворов с использованием интеллектуальных систем измерения на основе нечеткой логики». Контроль и управления химической технологии. 1- 2/2018.
5. Jumaev O. et al. Development of a digital signal processing model using a frequency synthesizer and synthesis of quadrature conversion circuits //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – T. 419. – C. 01003.
6. Volkov V. I., Zaytsev I. A. Ionselektiv elektrodleri va membranali sensorlar. – Moskva: Kimyo nashriyoti, 2015. – 304 b.
7. Nemtsov A. A., Menshikov P. A. Elektroanalitik kimyoning nazariy asoslari. – Moskva: Oliy maktab, 2012. – 387 b.
8. Mahmudov, G., & Qalandarov, A. F. (2025). Ion selektiv elektrodleri yordamida NaCN konsentratsiyasini oʻlchash tizimini tadqiq QILISH. *International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences*, 6(1), 5-11.
9. Velikanova T. I., Saxarov K. Yu. Sianidlar tahlilida ionselektiv elektrodlerden foydalanish // Metallurgiya va ekologiya jurnali. – 2020. – № 3. – B. 55–62.
10. Pavlov D. I. Sianidga sezgir ISE yordamida gidrometallurgiyada tahliliy qoʻllanma // Elektroanalitik kimyo jurnali. – 2019. – T. 837. – B. 145–151.
11. Jumaev, O., Karpovich, D., Ismoilov, M., Makhmudov, G., & Sayfulin, R. (2025). Algorithms to improve system reliability. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 627, p. 04008). EDP Sciences.
12. Jumaev, O. A., Mahmudov, G. B., Rashidov, G. H., & Sodiqov, B. Q. (2023, September). Microcontroller device for increasing the accuracy of PID regulators. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2872, No. 1, p. 120051). AIP Publishing LLC.
13. Husayn A. va boshq. Kimyo sanoatida jarayonlarni boshqarishda sunʼiy neyron tarmoqlar: tahliliy sharh // Kompyuterlar va kimyo muhandisligi. – 2020. – T. 137. – 106813.
14. Юсупбеков, Н. Р., Жумаев, О. А., & Исмоилов, М. Т. Ў. (2020). Ноаниқ мантиқ асосида интеллектуал бошқариш тизимларини ишлаб чиқиш. *Journal of Advances in Engineering Technology*, (2), 20-25.

15. Abdugaliliovich, J. O., Bakoyevich, M. G., & Eldor, A. (2021). Fuzzy logic controller in the management of technological processes of bacterial oxidation.
16. Karimov B. T., Xudoyberganov A. R. Sun'iy intellekt algoritmlarining o'lchash signallarini qayta ishlashdagi roli // O'zbekiston metrologiyasi jurnali. – 2022. – № 1. – B. 17–25.
17. Rumiantsev S. A. va boshq. Kimyoviy sensor signallarini Kalman va harakatlanuvchi o'rtacha filtrlar bilan tozalash // O'lchash texnologiyalari jurnali. – 2020. – T. 63, № 2. – B. 134–141.
18. Mirzayeva N.R. va boshq. Oltin ajratish jarayonida modifikatsiyalangan PVC-membranali elektrodlardan foydalanish // *Sensors and Actuators B: Chemical*. – 2021. – T. 329. – 129233.
19. Ayupov U.T., Abdusamatova M. S. IoT asosidagi monitoring tizimlarida LoRa va Wi-Fi texnologiyalari // *Telekommunikatsiya va avtomatlashtirish texnologiyalari jurnali*. – 2023. – № 2. – B. 31–36.

GAZNI QAYTA ISHLASH ZAVODLARIDA TURLI XILDAGI ABSORBENTLARNING TAHLILI VA JIHOZ, QURILMALARNING KORROZIYALANISHINI OLDINI OLISH

Obidov H.O.

Buxoro davlat texnika universiteti.

Annotatsiya. Maqolada gazni qayta ishlash zavodlarida gaz tarkibidagi nordon komponentlarni absorbsion tozalashda ishlatiladigan reagentlar MEAni MDEAga almashtirish hamda tabiiy gazni tozalash uchun moddiy resurslarni sezilarli darajada tejashni ta'minlash va MDEA ni texnik ko'rsatkichlari o'rganilgan. MDEA eritmasi tarkibidagi tuzlarning bo'lishi, bu gazni oltingugurtdan tozalash qurilmalari va texnologik tarmoqlarining korroziyasiga olib kelishi uni bartaraflash metodlari tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: tabiiy gaz, gazkondensati, suyultirilgan gaz, absorbent, H_2S , CO_2 , monoetanolin, metildietanolamin, gazni oltingugurtdan tozalash qurilmalari.

АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ АБСОРБЕНТОВ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ КОРРОЗИИ ОБОРУДОВАНИЯ И УСТРОЙСТВ НА ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДАХ

Обидов Х.О.

Бухарский государственный технический университет.

Аннотация. В статье изучены реагенты, используемые при абсорбционной очистке кислых компонентов газа на газоперерабатывающих заводах, для замены МЭА на МДЭА и обеспечения значительной экономии материальных ресурсов для очистки природного газа и технических показателей МДЭА. Анализируется содержание солей в растворе МДЭА, что приводит к коррозии сероочистных установок и технологических сетей.

Ключевые слова: природный газ, газоконденсат, сжиженный газ, абсорбент, H_2S , CO_2 , моноэтаноллин, метилдиэтилолин, установки сероочистки газа.

ANALYSIS OF VARIOUS TYPES OF ABSORBENTS AND PREVENTION OF CORROSION OF EQUIPMENT AND DEVICES AT GAS PROCESSING PLANTS

Obidov Kh.O.

Bukhara state technical university.

Annotation. The article examines the reagents used in the absorption treatment of acid gas components in gas processing plants to replace MEA with MDEA and provide significant savings in material resources for natural gas treatment and MDEA technical indicators. The salt content in the MDEA solution is analyzed, which leads to corrosion of sulfur treatment plants and process networks.

Keywords: natural gas, gas condensate, liquefied gas, absorbent, H_2S , CO_2 , monoethanolamine, methyldiethylolamine, gas desulfurization units

Hozirgi vaqtda Gazli neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasining asosiy faoliyati gaz, gazkondensati va suyultirilgan gaz ishlab chiqarishdir. Keyingi yillarda Qumli, Tayloq, Haqqul, Qo'shimcha, Yorqin, Garbi, Haqqul, Mirkomilquduq, Savatli, Chakkaqum, Janubiy Kulbeshkak, Andakli, To'maris, Sho'rquq va Sho'rtak kabi konlardan qazib chiqarilgan va konda birlamchi qayta tayyorlanadi. Asosiy konlardan qazib olingan tabiiy gaz va gazkondensati 18 ta tarmoqlararo gaz quvurlari orqali gaz Gazli gazni qayta ishlash zavodiga yuboriladi (1- rasm).

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ТАЪЛИМ,
ФАН ВА ИННОВАЦИЯЛАР ВАЗИРЛИГИ**

БУХОРО ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

**Бухоро давлат техника университети нашри
“ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР ТАРАҚҚИЁТИ”**

Илмий-техникавий журнал

2025 йил, 6-сон. ISSN 1281-8193

Журнал таҳририят компютерида саҳифаланди.

Манзил: 200117, Бухоро ш., Қ.Муртазоев кўчаси 15.

Тел: (8-365) 223-92-40, E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

<http://journal.bstu.uz>

БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Издатель: Бухарский государственный технический университет

«РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

Научно-технический журнал

Выпуск 6, 2025. ISSN 1281-8193

Отредактирована на компьютере редакции.

Адрес: 200117, г. Бухара, ул. К. Муртазаева, 15.

Тел.: (8-365) 223-92-40, E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

<http://journal.bstu.uz>

BUKHARA STATE TECHNICAL UNIVERSITY

Publisher: Bukhara State Technical University

DEVELOPMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Scientific and Technical Journal

Issue 6, 2025. ISSN 1281-8193

Yedited on the yeditorial computer.

Address: 200117, Bukhara, K. Murtazaev Street, 15

Tel.: (8-365) 223-92-40, E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

<http://journal.bstu.uz>