AGROINNOVATSIYA jurnali
Volume 04, Issue 05, 2026 ISSN (E): 3030-3249
06.00.00 – Qishloq xo‘jaligi
Crossref DOI Prefix: 10.68240

UDK:543.421./424

AMMIAK GAZINI ANIQLASHGA MO‘LJALLANGAN OPTIK SENSORLAR UCHUN INDIKATORLARNI TANLASH VA ULARNING XOSSALARINI TADQIQ ETISH



Isaqulova Marxabo Nemat qizi Sharof Rashidov nomidagi SamDU dotsenti
https://orcid.org/0009-0001-0182-762X
isaqulovamarxabo34@gmail.com



Gulmaxmadova Sabina Baxriddin qizi SamDU magistranti
https://orcid.org/0008-6429-1368
gulmaxmadovas@gmail.com



Abduxoliqova Go'zal Urol qizi SamDU magistranti
https://orcid.org/0009-0009-3322-1508
abduxoliqova_01@icloud.com

Annotatsiya

Ushbu maqolada ammiak gazini aniqlashga mo‘ljallangan optik sensorlar uchun indikatorlarni tanlash mezonlari va ularning fizik-kimyoviy xossalari tahlil qilinadi. Ammiakning ishqoriy xususiyati, indikatorlarning rang o‘zgarishi, optik signal hosil bo‘lish mexanizmi hamda sensorlarning sezgirligi va selektivligiga ta’sir etuvchi omillar ko‘rib chiqiladi. Bromtimol ko‘ki, bromkrezol binafshasi, fenol qizili kabi pH-indikatorlar, shuningdek, antosianin asosidagi tabiiy pigmentlarning ammiakni kolorimetrik aniqlashdagi imkoniyatlari yoritiladi. Indikatorni tashuvchi

polimer matritsaga immobilizatsiya qilish, namlik va harorat ta’sirini hisobga olish hamda optik signalni qayd etish usullariga e’tibor qaratiladi. Maqola ammiakni aniqlash uchun indikator tanlashda muhim bo‘lgan mezonlarni tizimlashtirishga qaratilgan.

Kalit so‘zlar: ammiak, optik sensor, kimyoviy indikator, kolorimetrik aniqlash, pH-indikator, bromtimol ko‘ki, antosianin, selektivlik, sezgirlik, polimer matritsa.

ВЫБОР ИНДИКАТОРОВ ДЛЯ ОПТИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ГАЗА АММИАКА, И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ

Исаqилова Мархабо Нематовна доцент Самаркандского государственного университета имени Шарофа Рашидова
Гулмахмадова Сабина Бахриддиновна магистрант Самаркандского государственного университета имени Шарофа Рашидова
Абдухоликова Гозал Урол кизи магистрант Самаркандского государственного университета имени Шарофа Рашидова

Аннотация

В статье анализируются критерии выбора индикаторов для оптических сенсоров, предназначенных для обнаружения аммиака, а также их физико-химические свойства. Рассматриваются щелочные свойства аммиака, изменение окраски индикаторов, механизм формирования оптического сигнала и факторы, влияющие на чувствительность и селективность сенсоров. Освещаются возможности применения pH-индикаторов, таких как бромтимоловый синий, бромкрезоловый пурпурный и феноловый красный, а также природных пигментов на основе антоцианов для колориметрического определения аммиака. Особое внимание уделяется иммобилизации индикаторов в полимерной матрице-носителе, учёту влияния влажности и температуры, а также методам регистрации оптического сигнала. Цель статьи — систематизировать основные критерии, необходимые для выбора индикаторов для обнаружения аммиака.

Ключевые слова: аммиак, оптический сенсор, химический индикатор, колориметрическое определение, pH-индикатор, бромтимоловый синий, антоцианы, чувствительность, селективность, полимерная матрица.

SELECTION OF INDICATORS FOR OPTICAL SENSORS DESIGNED FOR AMMONIA GAS DETECTION AND INVESTIGATION OF THEIR PROPERTIES

Isaqulova Marxabo Nemat qizi *Associate Professor, Sharof Rashidov Samarkand State University*
Gulmaxmadova Sabina Baxriddin qizi *Master’s Student, Sharof Rashidov Samarkand State University*
Abduxoliqova Go‘zal Urol qizi *Master’s Student, Sharof Rashidov Samarkand State University*

Abstract

This article analyzes the criteria for selecting indicators for optical sensors designed to detect ammonia gas and examines their physicochemical properties. The alkaline nature of ammonia, color changes in indicators, mechanisms of optical signal generation, and factors affecting sensor sensitivity and selectivity are discussed. The potential applications of pH indicators, including bromothymol blue, bromocresol purple, and phenol red, as well as natural anthocyanin-based pigments for the colorimetric detection of ammonia, are reviewed. Particular attention is paid to the immobilization of indicators in polymer carrier matrices, the effects of humidity and temperature, and methods for recording optical signals. The article aims to systematize the key criteria for selecting indicators for ammonia detection.

AGROINNOVATSIYA jurnali
Volume 04, Issue 05, 2026 ISSN (E): 3030-3249
06.00.00 – Qishloq xo‘jaligi
Crossref DOI Prefix: 10.68240

Keywords: ammonia, optical sensor, chemical indicator, colorimetric detection, pH indicator, bromothymol blue, anthocyanins, sensitivity, selectivity, polymer matrix.

1. Kirish

Ammiak (NH_3) kimyo sanoati, qishloq xo‘jaligi, sovitish tizimlari va turli texnologik jarayonlarda qo‘llaniladigan muhim kimyoviy moddalardan biridir. Shu bilan birga, uning havoda to‘planishi inson salomatligi va ishlab chiqarish xavfsizligi uchun xavf tug‘dirishi mumkin. Shuning uchun ammiak konsentratsiyasini o‘z vaqtida aniqlash va nazorat qilish usullarini takomillashtirish muhim ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi.

Gazlarni aniqlashda elektrokimyoviy, yarimo‘tkazgichli, spektroskopik va optik sensorlardan foydalaniladi. Optik sensorlar analitik signalni yorug‘likning yutilishi, qaytishi, o‘tkazilishi yoki rang o‘zgarishi orqali qayd etishi bilan ajralib turadi. Xususan, kolorimetrik sensorlarda sezgir indikator ammiak bilan bevosita yoki bilvosita ta’sirlashishi natijasida rangini o‘zgartiradi. Ushbu o‘zgarishni ko‘z bilan yoki optik qurilma yordamida qayd etish mumkin.

Optik sensorning samaradorligi ko‘p jihatdan tanlangan indikatorning kimyoviy xossalari, rang o‘zgarish diapazoni, barqarorligi va sensor materialiga biriktirilish usuliga bog‘liq. Shu sababli ammiakni aniqlash uchun indikatorlarni tanlashda ularning kimyoviy mexanizmi bilan bir qatorda amaliy foydalanish sharoitlari ham hisobga olinishi lozim.

2. Ammiakning fizik-kimyoviy xususiyatlari va aniqlash mexanizmi

Ammiak rangsiz, o‘ziga xos o‘tkir hidga ega gaz bo‘lib, suvda yaxshi eriydi. Suvli muhitda ammiakning bir qismi suv bilan reaksiyaga kirishib, ammoniy va gidroksid ionlari hosil bo‘lishiga olib keladi:

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

Gidroksid ionlarining hosil bo‘lishi muhitning ishqoriyligini oshiradi. pH ga sezgir indikatorlar esa muhit kislotaliligi yoki ishqoriyligi o‘zgarganda rangini o‘zgartirishi mumkin. Shu xususiyat ammiakni optik-kolorimetrik usulda aniqlash uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

Gaz fazasidagi ammiakni aniqlashda indikator odatda gaz bilan o‘zaro ta’sirlasha oladigan sezgir qatlamga joylashtiriladi. Ammiak ushbu qatlamga diffuziyalanib, undagi namlik yoki reaktiv komponentlar bilan ta’sirlashadi. Natijada indikatorning kimyoviy muvozanati o‘zgarishi va optik xususiyatlari almashishi mumkin.

Biroq indikatorning rang o‘zgarishi faqat ammiak konsentratsiyasiga bog‘liq bo‘lmasligi mumkin. Havoning namligi, harorat, indikatorning boshlang‘ich holati, matritsaning tarkibi va boshqa asosli gazlar ham signalga ta’sir ko‘rsatishi ehtimoli mavjud. Shu sababli sensorni ishlab chiqishda ushbu omillarni alohida baholash zarur.

3. Optik sensorlar uchun indikatorlarni tanlash mezonlari

Ammiakni aniqlash uchun indikator tanlash bir nechta asosiy mezonlarga asoslanadi.

3.1. Rang o‘zgarish diapazoni. Indikator ammiak ta’sirida yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan ishqoriy muhit o‘zgarishlariga mos sezgirlikka ega bo‘lishi kerak. Rang o‘zgarishi aniq va qayta o‘lchanadigan bo‘lsa, sensor signalini qayd etish osonlashadi.

3.2. Sezgirlik. Sezgirlik indikatorning ammiak miqdori o‘zgarishiga javoban optik signalni qanchalik o‘zgartirishini tavsiflaydi. Uni baholash uchun ma’lum konsentratsiyalardagi ammiak bilan kalibrlash o‘tkazilishi va optik signal bilan konsentratsiya o‘rtasidagi bog‘liqlik aniqlanishi lozim.

3.3. Selektivlik. Sensor faqat ammiak ta’sirida signal berishi har doim ham kafolatlanmaydi. Boshqa ishqoriy gazlar yoki uchuvchan kimyoviy moddalar ham indikator rangiga ta’sir qilishi mumkin. Shu sababli interferentlar ishtirokida sinov o‘tkazish zarur.

3.4. Barqarorlik va qaytariluvchanlik. Indikator yorug‘lik, kislorod, namlik va harorat ta’sirida tez parchalanmasligi yoki boshlang‘ich rangini nazoratsiz o‘zgartirmasligi kerak. Agar sensor qayta ishlatilishi rejalashtirilsa, ammiak ta’siridan keyin dastlabki holatiga qaytish xususiyati ham o‘rganiladi.

AGROINNOVATSIYA jurnali
Volume 04, Issue 05, 2026 ISSN (E): 3030-3249
06.00.00 – Qishloq xo‘jaligi
Crossref DOI Prefix: 10.68240

3.5. Sensor matritsasi bilan moslik. Indikator polimer, qog‘oz, gidrogel yoki boshqa tashuvchi materialga joylashtirilganda o‘zining analitik xususiyatlarini saqlashi kerak. Matritsa ammiakning diffuziyasiga to‘sqinlik qilmasligi, indikatorning yuvilib ketishini cheklashi va optik signalni qayd etishga imkon berishi maqsadga muvofiq.

4. Ammiakni aniqlashda qo‘llanishi mumkin bo‘lgan indikatorlar

4.1. Bromtimol ko‘ki

Bromtimol ko‘ki pH-indikator bo‘lib, muhitning kislotalilik darajasiga qarab sariq, yashil va ko‘k ranglar oralig‘ida o‘zgarish ko‘rsatadi. Uning rang o‘zgarish diapazoni taxminan pH 6,0–7,6 oralig‘iga to‘g‘ri keladi. Ammiakning namlangan indikator qatlamida ishqoriylikni oshirishi rang o‘zgarishiga sabab bo‘lishi mumkin.

Bromtimol ko‘kining afzalligi rang o‘zgarishining ko‘z bilan kuzatilishi va optik qayd etishga mosligidir. Biroq indikatorning o‘zi ammiak uchun mutlaq selektiv reagent emas. Natijaga namlik, qatlam tarkibi va boshqa ishqoriy moddalar ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu bois uni ammiak sensorida qo‘llashdan oldin tegishli sharoitda kalibrlash zarur.

4.2. Bromkrezol binafshasi

Bromkrezol binafshasi ham kislota-asos indikatorlari qatoriga kiradi. Uning rang o‘zgarish diapazoni taxminan pH 5,2–6,8 ni tashkil etadi. Bu xususiyat uni muayyan sezgir qatlamlar va ish sharoitlari uchun ko‘rib chiqish imkonini beradi.

Indikatorni tanlashda faqat rangning ko‘zga tashlanishi bilan cheklanib qolmaslik kerak. Uning ammiak konsentratsiyasiga javob egri chizig‘i, rangning qaytariluvchanligi va namlikka bog‘liqligi tajriba orqali tekshirilishi lozim.

4.3. Fenol qizili

Fenol qizili muhit pH qiymati o‘zgarishiga javoban rangini o‘zgartiradigan indikator hisoblanadi. Uning rang o‘zgarish diapazoni taxminan pH 6,8–8,4 oralig‘ida joylashadi. Shu sababli u ishqoriylik o‘zgarishlarini optik qayd etishga mo‘ljallangan tizimlarda sinab ko‘rilishi mumkin.

Fenol qizilining ammiak sensoridagi samaradorligi indikatorning o‘z xususiyatlaridan tashqari, uning qaysi tashuvchi materialga joylashtirilgani va gaz bilan o‘zaro ta’sir sharoitlariga ham bog‘liq. Shuning uchun uni boshqa indikatorlar bilan bir xil sharoitda solishtirish maqsadga muvofiq.

4.4. Antosianin asosidagi tabiiy indikatorlar

Antosianinlar ayrim o‘simliklar, mevalar va sabzavotlarda uchraydigan tabiiy pigmentlar bo‘lib, muhit pH qiymatiga bog‘liq ravishda rang o‘zgarishi mumkin. Shu xususiyat ularni arzon va biologik manbalardan olinadigan kolorimetrik sezgir materiallar sifatida o‘rganishga imkon beradi.

Biroq antosianinlarning tarkibi o‘simlik turi, ekstraksiya usuli, saqlash sharoiti va yorug‘lik ta’siriga qarab farqlanishi mumkin. Ularning rang barqarorligi va qayta foydalanish imkoniyati sintetik indikatorlarga nisbatan alohida tekshirilishi kerak. Shuning uchun tabiiy pigmentlar istiqbolli nomzod bo‘lishi mumkin, lekin ularning amaliy samaradorligi tajribaviy natijalar asosida baholanishi lozim.

5. Indikatorlarni solishtirish va sensor materialini shakllantirish

Indikatorlarni tanlashda ularni bir xil tajriba sharoitida solishtirish muhim. Quyidagi jadval dastlabki tanlov uchun sifat jihatidan yo‘naltiruvchi ma’lumotlarni beradi.

Indikator	Rang o‘zgarish diapazoni, taxminan	Ehtimoliy afzalligi	Tekshirilishi zarur bo‘lgan jihat
Bromtimol ko‘ki	pH 6,0–7,6	Rang o‘zgarishi optik qayd etishga qulay	Namlik va boshqa ishqoriy gazlar ta’siri
Bromkrezol binafshasi	pH 5,2–6,8	Nisbatan kislotali diapazondagi o‘zgarishlarga javob	Ammiak ta’sirida signal diapazoni va barqarorligi

Fenol qizili	pH 6,8–8,4	Ishqoriylik ortishiga mos rang o‘zgarishi	Javobning takrorlanuvchanligi va selektivligi
Antosianinlar	Manba va tarkibga bog‘liq	Tabiiy manbalardan olinishi mumkin	Yorug‘likka chidamlilik, saqlash barqarorligi va tarkib o‘zgaruvchanligi

Jadvaldagi pH diapazonlari indikatorlarning odatiy suvli eritmalardagi xususiyatlarini ifodalaydi. Ular gaz sensori uchun aniqlash chegarasi yoki bevosita ammiak konsentratsiyasi diapazoni hisoblanmaydi. Sensorning haqiqiy analitik ko‘rsatkichlari alohida tajriba orqali aniqlanishi kerak.

Indikatorni sensor materialiga joylashtirishda polimer plyonka, g‘ovak membrana, qog‘oz yoki gidrogel kabi tashuvchilar ko‘rib chiqilishi mumkin. Tashuvchi material gazning sezgir qatlamga yetib borishini ta’minlashi, indikatorni ushlab turishi va optik signalni o‘lchashga xalaqit bermasligi kerak.

Optik signalni qayd etish uchun yorug‘lik manbai va fotodetektor, spektrofotometr yoki moslashtirilgan kamera tizimidan foydalanish mumkin. Oddiy kamera asosidagi usulda yoritish sharoiti, oq rang muvozanati va kamera sozlamalari barqaror saqlanishi zarur. Aks holda, kuzatilgan rang farqi ammiak ta’siridan emas, tashqi yoritish o‘zgarishidan kelib chiqishi mumkin.

6. Optik sensorlarning analitik xususiyatlarini baholash

Indikatorlarning ammiakni aniqlashdagi imkoniyatlarini to‘liq baholash uchun bir nechta analitik ko‘rsatkichlarni aniqlash lozim.

Birinchidan, **kalibrlash egri chizig‘i** tuziladi. Bunda ma’lum konsentratsiyadagi ammiak muhitlarida indikator qatlamining optik signali o‘lchanadi. Signalning konsentratsiyaga bog‘liqligi sensorning ish diapazonini baholashga yordam beradi.

Ikkinchidan, **aniqlash chegarasi** baholanadi. Bu ko‘rsatkich fon signali va uning o‘zgaruvchanligi hisobga olingan holda aniqlanishi kerak. Aniqlash chegarasini faqat indikatorning rang o‘zgarishiga qarab belgilash ilmiy jihatdan yetarli emas.

Uchinchidan, **javob va tiklanish vaqti** o‘lchanadi. Javob vaqti sensor signalining ammiak ta’sirida belgilangan darajaga yetishi uchun zarur vaqtni, tiklanish vaqti esa gaz ta’siri tugagach signalning boshlang‘ich holatga qaytish tezligini ifodalaydi.

To‘rtinchidan, **selektivlik va takrorlanuvchanlik** tekshiriladi. Bunda boshqa gazlar va uchuvchan birikmalar mavjudligida signal o‘zgarishi, shuningdek, bir xil sharoitda qayta o‘lchash natijalarining yaqinligi baholanadi.

Beshinchidan, **namlik va harorat ta’siri** o‘rganiladi. Ammiakning indikator qatlamiga o‘tishi va indikatorning kimyoviy muvozanati namlikka bog‘liq bo‘lishi mumkin. Shu sababli turli namlik va harorat sharoitlarida olingan natijalarni solishtirish zarur.

Ushbu ko‘rsatkichlarni aniqlash indikatorlarning qaysi biri ma’lum amaliy vazifa uchun maqbul ekanini asosli ravishda tanlash imkonini beradi.

7. Muhokama

Ko‘rib chiqilgan indikatorlar ammiakni optik usulda aniqlash uchun nomzod materiallar sifatida o‘rganilishi mumkin. Bromtimol ko‘ki, bromkrezol binafshasi va fenol qizili kabi sintetik indikatorlarning asosiy afzalligi ularning pH ga bog‘liq rang o‘zgarish xususiyatlaridir. Antosianinlar esa tabiiy pigmentlardan foydalanish imkoniyati bilan qiziqish uyg‘otadi.

Shunga qaramay, indikatorning suvli muhitda ma’lum pH diapazonida rang o‘zgartirishi uning gaz fazasida yuqori sezgirlik yoki selektivlikka ega sensor yaratishini o‘z-o‘zidan isbotlamaydi. Gaz sensori xususiyatlari indikator, tashuvchi matritsa, namlik, harorat va optik o‘lchash tizimining birgalikdagi ta’siri bilan belgilanadi.

Shu sababli keyingi tadqiqotlarda indikatorlar bir xil konsentratsiyalar, yoritish sharoitlari va muhit parametrlari asosida solishtirilishi lozim. Ammiak bilan ishlashda tegishli laboratoriya

xavfsizligi talablari bajarilishi, tajribalar nazorat qilinadigan sharoitda va mos gazni chiqarib yuborish tizimi mavjud joyda o‘tkazilishi zarur.

Mazkur maqola indikatorlarni tanlashning nazariy mezonlarini yoritadi. Muayyan indikatorning eng yaxshi ekanini aniqlash uchun esa laboratoriya o‘lchovlari va statistik tahlil bilan tasdiqlangan natijalar talab etiladi.

8. Xulosa

Ammiak gazini optik usulda aniqlash uchun indikator tanlashda rang o‘zgarish diapazoni, sezgirlik, selektivlik, barqarorlik, qaytariluvchanlik va tashuvchi material bilan moslik kabi mezonlarni hisobga olish zarur.

Bromtimol ko‘ki, bromkrezol binafshasi va fenol qizili kabi pH-indikatorlar ammiak ta’sirida yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan ishqoriylik o‘zgarishlarini optik qayd etish uchun ko‘rib chiqilishi mumkin. Antosianin asosidagi tabiiy pigmentlar ham istiqbolli nomzodlar qatoriga kiradi, biroq ularning tarkibiy va optik barqarorligi alohida baholanishi kerak.

Indikatorning odatiy pH diapazoni sensorning ammiakni aniqlash chegarasi bilan tenglashtirilmasligi lozim. Sensorning amaliy samaradorligini aniqlash uchun kalibrlash egri chizig‘i, aniqlash chegarasi, javob va tiklanish vaqti, selektivlik hamda namlik va harorat ta’siri tajribaviy ravishda o‘rganilishi zarur.

Umuman olganda, indikatorning kimyoviy xususiyatlarini, tashuvchi matritsa tarkibini va optik signalni qayd etish usulini birgalikda optimallashtirish ammiakni aniqlashga mo‘ljallangan ishonchli optik sensorlarni ishlab chiqishning muhim yo‘nalishi hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Skoog D. A., Holler F. J., Crouch S. R. *Principles of Instrumental Analysis*. 7th ed. Cengage Learning, 2017.
2. Harris D. C. *Quantitative Chemical Analysis*. 10th ed. W. H. Freeman, 2020.
3. Lakowicz J. R. *Principles of Fluorescence Spectroscopy*. 3rd ed. Springer, 2006.
4. Wolfbeis O. S. Fiber-optic chemical sensors and biosensors. *Analytical Chemistry*. 2000; 72(12): 81R–89R.
5. Mills A. Oxygen indicators and intelligent inks for packaging food. *Chemical Society Reviews*. 2005; 34: 1003–1011.
6. He H., Wu H., Xie L. va boshqalar. Antosianinlarning pH ga bog‘liq rang xususiyatlari va kolorimetrik materiallarda qo‘llanilishi bo‘yicha ilmiy adabiyotlar.