

## NAMLIKNI O'LCHASH USULLARINI TAHLILI

*Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti*  
*Norboyev Otajon Normuminovich*  
[o.norboyev@mail.ru](mailto:o.norboyev@mail.ru)

**Anotatsiya:**

Ushbu maqolada kukunli materiallarda namlikni o'lchashning asosiy usullari haqida batafsil ma'lumot berilgan. Gravimetrik usul, elektr qarshiligi va dielektrik xususiyatlari, yaqinning infraqizil reflektans (NIR) spektroskopiyasi, Karl Fischer titrlash usuli va yadro magnit rezonans usuli kabilar namlikni aniqlashda qo'llaniladi. Har bir usulning afzalliklari va kamchiliklari ko'rib chiqilgan.

**Анотация:**

В данной статье подробно рассматриваются основные методы измерения влажности в порошкообразных материалах. Гравиметрический метод, электрическое сопротивление и диэлектрические свойства, ближняя инфракрасная рефлектометрия (НИР), метод титрования по Карлу Фишеру и метод ядерного магнитного резонанса применяются для определения влажности. Рассмотрены преимущества и недостатки каждого метода.

**Annotation:**

This article provides a detailed overview of the main methods for measuring moisture in powdered materials. Gravimetric method, electrical resistance and dielectric properties, near-infrared reflectance (NIR) spectroscopy, Karl Fischer titration method, and nuclear magnetic resonance method are used for moisture determination. The advantages and disadvantages of each method are discussed.

**Kalit so'zlar:** namlikni o'lchash, gravimetrik usul, elektr qarshiligi, dielektrik xususiyatlari, NIR spektroskopiya, Karl Fischer titrlash, yadro magnit rezonans.

**Ключевые слова:** измерение влажности, гравиметрический метод, электрическое сопротивление, диэлектрические свойства, NIR-спектроскопия, титрование по Карлу Фишеру, ядерный магнитный резонанс.

**Keywords:** moisture measurement, gravimetric method, electrical resistance, dielectric properties, NIR spectroscopy, Karl Fischer titration, nuclear magnetic resonance.

Kukunli materiallarni qayta ishlash mahsulotidagi namlik miqdorini yuqariroq darajada aniqlash uchun namlikni pechda quritish orqali o'lchanayotgan materialni sifatini yaxshilab, o'lchashga asoslangan, to'g'ridan-to'g'ri usullardan foydalaniladi. Ushbu usullarga havo-termal usul kiradi.

О'zbekistonda bug'doy unining namligini o'lchash uchun qo'llaniladigan GOST— bu O'zbekiston Respublikasining milliy standartlari bo'yicha belgilanadi. GOST 27668-88: Bu standart don mahsulotlarining namligini aniqlash uchun ishlatiladi. U turli usullar, jumladan, termogravimetrik (quritish usuli) yordamida namlikni o'lchashni o'z ichiga oladi. Bu usul uning namligini aniq va ishonchli o'lchash imkonini beradi.

GOST 10987-76: Halqaro standart. Bu, shuningdek, don va un mahsulotlarining namligini o'lchashda qo'llanilishi mumkin bo'lgan yana bir standartdir. Ushbu standart harorat va namlikning o'zgarishi asosida unning massasidagi suv miqdorini o'lchaydi.

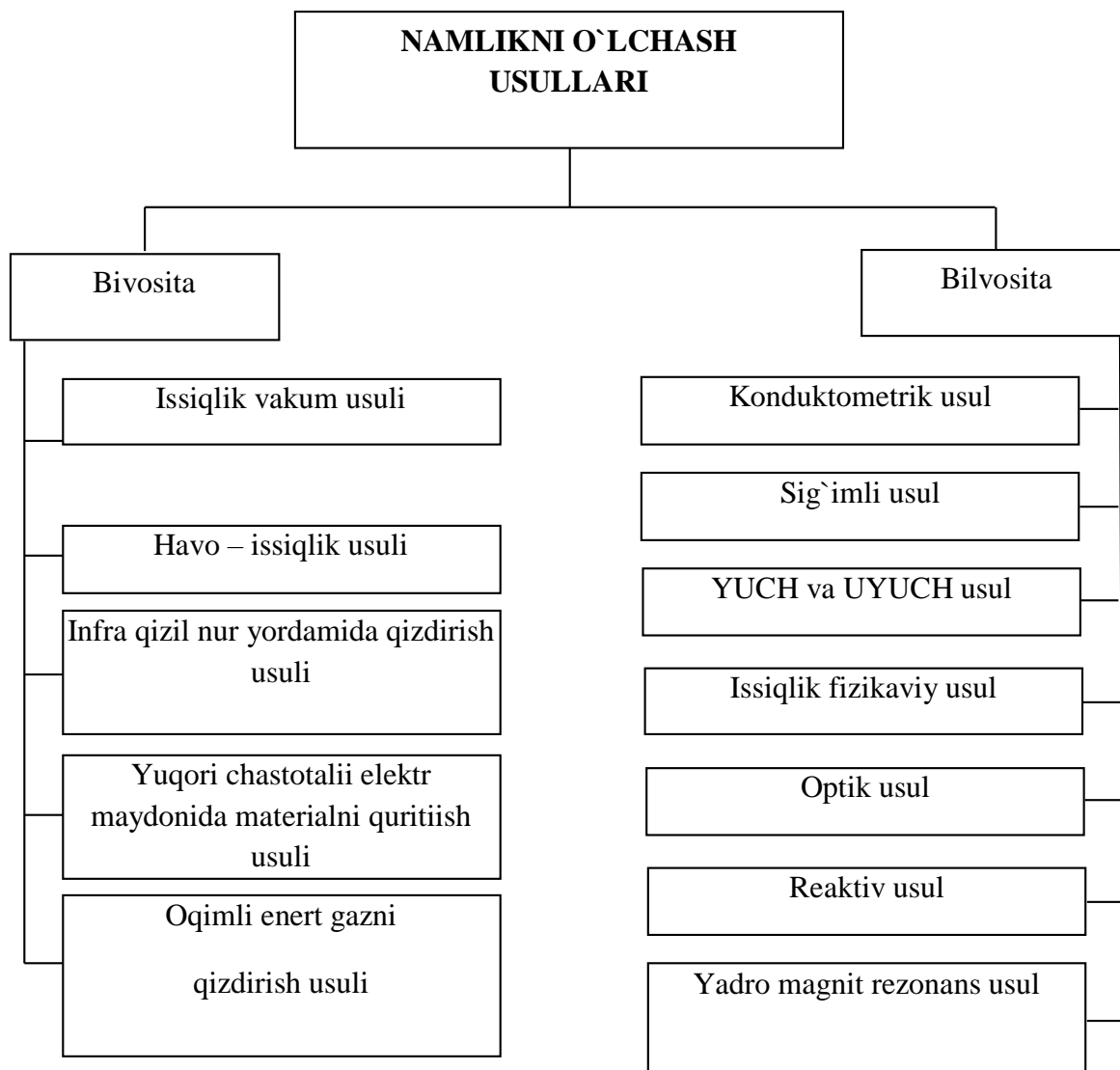
O'zbekistonda un va don mahsulotlarini ishlab chiqaruvchi korxonalar va laboratoriyalar GOST standartlariga muvofiq namlikni o'lchashni amalga oshirishlari kerak. Bu nafaqat mahsulot sifatini ta'minlashda, balki iste'molchilar xavfsizligi va mahsulotning bozordagi raqobatbardoshligini oshirishda muhim ahamiyatga ega.

Namlikni o'lchashning bizga ma'lum usullarining klassifikatsiyasi ishlarda keltirilgan. Namlikni o'lchash usullari ikki katta – **bevosita** va **bilvosita** guruhlariga bo'linadi (1 -rasm).

Bevosita usul moddalarning fizik va kimyoviy mohiyatidan kelib chiqib qo'llaniladi. Bilvosita usulda esa namlikni aniqlash modda hususiyatining undagi namlikka bog'liqligidan foydalanib amalga oshiriladi.

Bevosita usullar yuqori o'lchash aniqligi va uzoq davom etishi bilan bilvosita usullardan farqlanadi (1 ÷ 15 soatgacha).

Namlikni bevosita aniqlash usuli – bunda (termogravimetrik usuli) muayyan o'lchanmadan donni maxsus asbobda suvini haydashga asoslanadi. Dondan haydalgan suv hajmiga ko'ra namlikning foizlardagi miqdori aniqlanadi.



1-rasm. Qattiq va sochiluvchan materiallar namligini o'lchash usullarining strukturali sxemasi

Namlikni aniqlashning standart usullari turli xil materiallar, jumladan oziq-ovqat mahsulotlari, qurilish materiallari va boshqalar uchun suv miqdorini aniqlashda keng qo'llaniladi. Ushbu usullar materialning sifati, saqlash muddati va ishlov berish jarayonlarini optimallashtirishda muhim ahamiyatga ega. Quyida namlikni o'lchashning eng ko'p qo'llaniladigan standart usullari haqida ma'lumot berilgan:

### 1. Gravimetrik usul

Bu usul namunani quritish orqali sochiluvchan va kukunli mahsulotlarning boshlang'ich massasi va quritilganidan keyingi massasi o'rtasidagi farqni o'lchaydi. Bu farq suvning massasini ifodalaydi va quyidagi formula yordamida namlik foizi hisoblanadi:

Gravimetrik usul namlikni o'lchashda eng ko'p qo'llaniladigan an'anaviy usullardan biri hisoblanadi. Ushbu usul namunadagi suv miqdorini uning massasini o'lchash orqali aniqlashga asoslangan. Dastlab, aniqlanishi kerak bo'lgan materialdan

(masalan, un yoki don) namuna olinadi. Namuna miqdori laboratoriya talablariga va o'lganayotgan materialning turi va xususiyatlariga qarab belgilanadi. Namuna ma'lum bir haroratda quritiladi. Quritish jarayoni namuna to'liq quruq holatga kelgunicha davom etadi. Quritish uchun odatda elektr pechlaridan foydalaniladi, bu jarayon bir necha soatdan bir necha kungacha davom etishi mumkin. Namuna quritilishidan oldin va keyin uning massasi aniq tarozilar yordamida o'lganadi. Boshlang'ich massadan quritilgan massani ayirish orqali namunadagi suvning massasi aniqlanadi. Suvning massasi umumiy namuna massasiga nisbatan foizda hisoblanadi. Bu ko'rsatkich namlik darajasini ifodalaydi. Gravimetrik usul yuqori darajada aniqlik va takrorlanuvchanlikni ta'minlaydi. Usul nisbatan oddiy va kam harajatli uskunalarni talab qiladi. Turli xil materiallar uchun mos keladi va keng tarqalgan standartlarga mos keladi.

Quritish jarayoni uzoq vaqt talab qilishi mumkin, bu esa tezkor natijalarni olishni qiyinlashtiradi. Quritish harorati namunaning boshqa komponentlariga ta'sir qilishi mumkin, natijada o'lganlar aniqligiga ta'sir qiladi.

Gravimetrik usul, ayniqsa, laboratoriya sharoitida qo'llaniladigan eng ishonchli namlik o'lgan usullaridan biri hisoblanadi va uning natijalari turli ilmiy va sanoat sohalarida keng qo'llaniladi. Gravimetrik usul yordamida uning namligini aniqlash uchun quyidagi formula ishlatiladi:

Namlik foizi quyidagi formula orqali topiladi.

$$(W) = \frac{M_i - M_d}{M_i} * 100\% \quad (1)$$

Bu yerda:

$M_i$  - namuna quritishdan oldin olingan boshlang'ich massasi,

$M_d$  - namuna quritilgandan so'ng olingan quruq massasi.

Masalan, agar sizning uningizning boshlang'ich massasi 150 gram bo'lsa va quritilgandan so'ng 138 gram qolsa, namlik darajasini quyidagicha hisoblaymiz:

$$W = \left( \frac{150_g - 138_g}{150_g} \right) * 100\% = \left( \frac{12_g}{150_g} \right) * 100\% = 8\%$$

Bu misolda, un namunasi namlik foizi 8% ekani aniqlandi. Bu ma'lumot uning saqlash muddati, sifati va ishlov berish jarayonida qo'llanilishi mumkin. Gravimetrik usulning aniq va ishonchli natijalar berishi uning keng qo'llanilishini ta'minlaydi, biroq ushbu usulni bajarish uchun quritish vaqti va to'g'ri uskunalar zarur bo'ladi.

## 2. Elektr Qarshiligi va Dielektrik sindiruvchilik usul

Bu usullar namunaning elektr o'tkazuvchanligi yoki dielektrik sindiruvchanlikini o'lgan orqali sochiluvchan va kukunli mahsulotlarning



namligini aniqlaydi. Material nam bo'lganda, uning elektr o'tkazuvchanligi oshadi, shuning uchun ushbu o'zgarishlar yordamida suv miqdori aniqlanadi.

Elektr qarshiligi yoki dielektrik xususiyatlarini o'lchash usuli, un kabi materiallarning namligini aniq va tez aniqlash uchun zamonaviy texnologiyalardan biridir. Ushbu usul, materialning elektr o'tkazuvchanligi yoki dielektrik singdiruvchanligidagi o'zgarishlar orqali suv miqdorini aniqlashga asoslangan. Materialning namligi oshgan sari, uning elektr o'tkazuvchanligi ham oshadi. Bu o'zgarish suvning elektr o'tkazuvchanligi yuqori bo'lganligi bilan izohlanadi. Shuning uchun, materialdagi suv miqdori elektr qarshiligi yoki dielektrik singdiruvchanlik orqali aniqlanishi mumkin.

Ushbu usul orqali o'lchanganda quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi.

Avvalo, namuna standart hajmda olinadi. Bu uning barcha qismlari bir xil sharoitda tekshirilishini ta'minlaydi. Maxsus elektr qarshiligi yoki dielektrik xususiyatlarini o'lchaydigan asboblardan yordamida namuna o'lchanadi. Bu asboblardan namunaga kichik elektr toki yuboradi va uning qarshiligini o'lchaydi. Olingan ma'lumotlar maxsus dasturiy ta'minot yordamida tahlil qilinadi. Bu dasturiy ta'minot materialning namlik darajasini hisoblash uchun mo'ljallangan bo'ladi. Ushbu usul juda tez natijalar beradi, ba'zan bir necha soniyalar ichida. Yuqori aniqlikdagi asboblardan yordamida o'lchanadi, bu esa xatoliklarni kamaytiradi. Turli xil materiallar bilan ishlash imkoniyatini beradi.

Ushbu texnologiya qimmatbaho uskunalarni talab qilishi mumkin. Asbob-uskunani boshqarish va ma'lumotlarni tahlil qilish uchun maxsus bilim va ko'nikmalar talab etiladi.

Ushbu usul oziq-ovqat sanoatida, qishloq xo'jaligida va boshqa ko'plab sohalarda qo'llaniladi. Materiallarning namligini tez va aniq o'lchashi tufayli, ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish, sifat nazoratini yaxshilash va saqlash muddatini uzaytirish imkonini beradi. Shunday qilib, elektr qarshiligi yoki dielektrik xususiyatlarini o'lchash usuli, zamonaviy texnologiya yordamida un kabi mahsulotlarning namligini aniqlashda muhim ahamiyatga ega bo'lib, bu usulning qo'llanilishi samaradorlik va aniqlikni oshiradi. Elektr qarshiligi yoki dielektrik xususiyatlarini o'lchash usuli, uning namligini aniqlashda foydalaniladigan zamonaviy va samarali usullardan biridir. Ushbu usul namlik miqdorining elektr xususiyatlariga ta'sirini o'rganishga asoslanadi. Quyida ushbu usulni tushuntirish uchun qo'llaniladigan asosiy formulalar va ularning qo'llanilishi haqida tushuncha beriladi.

Elektr qarshiligi orqali namlikni o'lchash Ohm qonuniga asoslanadi:

$$R = \frac{U}{I} \quad (2)$$

bu yerda  $R$ -qarshilik,  $U$  -kuchlanish,  $I$  -tok. Namlik oshgan sari elektr qarshiligi kamayadi, chunki suv elektr o'tkazuvchanligi yuqori bo'ladi.

Namlik miqdorini aniqlash uchun qarshilik qiymatlarini kalibrlash egri chizig'i yordamida namlik darajasiga aylantiramiz:  $M = a \cdot R + b$

bu yerda  $M$  - namlik miqdori,  $R$  - o'lchangan qarshilik,  $a$  va  $b$ -kalibrlash koeffitsiyentlari.

*Masalan:* Faraz qilaylik, bug'doy uning qarshiligi  $R$  o'lchandi va kalibrlash koeffitsiyentlari  $a = -0.5$  va  $b = 20$  bo'lsin.

1.Qarshilikni o'lchash:  $R = 30\Omega$

Namlik miqdorini hisoblash:

$$M = -0.5 \cdot 30 + 20 \quad M = -15 + 20 \quad M = 5\% \quad (3)$$

Bu usulda bug'doy uning namligi 5% ekanligini aniqladik.



### Dielektrik singdiruvchanlik orqali namlikni o'lchash

Dielektrik singdiruvchanlikni o'lchash kondensator sig'imini o'zgarishiga asoslanadi.

dielektrik singdiruvchanligi quyidagicha hisoblanadi:

$$\varepsilon_r = \frac{C}{C_0} \quad (4)$$

bu yerda  $\varepsilon_r$  -dielektrik konstantasi,  $C$  -dielektrik material bilan kondensatorning sig'imi,  $C_0$  - vakuumdagi sig'im.

Namlik oshgan sari dielektrik singdiruvchanlik oshadi. Namlik miqdorini aniqlash uchun dielektrik konstantasi qiymatlarini kalibrlash egri chizig'i yordamida namlik darajasiga aylantiramiz:  $M = k \cdot \varepsilon_r + d$  bu yerda  $M$  -namlik miqdori,  $\varepsilon_r$  - o'lchangan dielektrik konstantasi,  $k$  va  $d$  - kalibrlash koeffitsiyentlari.

*Masalan:* Faraz qilaylik, bug‘doy unining dielektrik singdiruvchanligi  $\varepsilon_r$  o‘lchandi va kalibrlash koeffitsiyentlari  $k = 2$  va  $d = 0$  bo‘lsin.

Dielektrik konstantani o‘lchash:  $\varepsilon_r = 3$

Namlik miqdorini hisoblash:  $M = 2 \cdot 3 + 0M = 6\%$

Bu usulda bug‘doy unining namligi 6% ekanligini aniqladik.

Bug‘doy unining namligini elektr qarshiligi yoki dielektrik singdiruvchanlik orqali qanday o‘lchash mumkinligini ko‘rsatadi. Har ikkala usul ham o‘ziga xos afzalliklari va kamchiliklariga ega bo‘lib, maqsadga muvofiq foydalanish mumkin.

### 3. Near Infrared Reflectance (NIR)

Yaqin infraqizil reflektans (NIR) spektroskopiya usuli bo‘lib, moddalarning yaqin infraqizil diapazonida (800 nm-2500 nm) elektromagnit to‘lqinlarni qaytarishini o‘lchashga asoslangan. Bu usul, ayniqsa, oziq-ovqat, qishloq xo‘jaligi, farmatsevtika va boshqa sanoat sohalarida keng qo‘llaniladi.

NIR spektroskopiya molekulyar vibratsiyalarga asoslangan bo‘lib, yaqin infraqizil diapazonda yorug‘likning molekular tomonidan yutilishi va qaytarilishi o‘rganiladi. NIR diapazonidagi yorug‘lik molekulalardagi bog‘lanishlarni (masalan, C-H, O-H, N-H) vibratsiyaga keltiradi.

Bu usul namunaga yaqin infraqizil nur yuborish orqali uning namligini aniqlaydi. NIR texnologiyasi juda tez natijalar beradi va xavfsiz emas, shuning uchun ko‘p sohalarda afzal qilingan usul hisoblanadi.

Ushbu usul laboratoriya sharoitida va sanoatda keng qo‘llaniladi, chunki u tezkor va aniq natijalar beradi, bu esa ishlab chiqarish jarayonlarini nazorat qilish va mahsulot sifatini yaxshilash imkonini beradi.

Near Infrared Reflectance (NIR) usuli yorug‘likning ma’lum bir diapazonidagi aks ettirishni o‘lchashga asoslanadi va bu usul oziq-ovqat sanoati, jumladan unning namligini tezkor aniqlashda keng qo‘llaniladi. NIR usuli materiallardagi kimyoviy tarkibni, xususan suv miqdorini aniq va tez aniqlash imkonini beradi.

NIR spektroskopiyasi, material yuzasiga yaqin infraqizil nur yuborilganda uning qancha yutinishi va aks etishini o‘lchaydi. Suv molekulari NIR yorug‘lik diapazonida ma’lum bir to‘lqin uzunligida yorug‘likni yutadi, shuning uchun bu o‘zgarishlar materialdagi suv miqdorini aniq ko‘rsatadi.

Namuna tayyorlanadi va NIR spektrometri asbobiga joylashtiriladi. Asbob namunadan o‘tadigan yorug‘likni o‘lchaydi, va bu yorug‘lik namunadagi molekular tomonidan qisman yutiladi. Yutilgan yorug‘lik miqdori va aks ettirilgan yorug‘lik spektri tahlil qilinadi, bu orqali materialdagi suv miqdori aniqlanadi. NIR usuli yordamida namlikni aniqlash NIR usuli yordamida uning namligini aniqlash quyidagi formula yordamida amalga oshiriladi:

$$\text{Namlik \%} = a + b \times \text{NIR Intensity} \quad (5)$$

Bu yerda:  $a$  va  $b$  - kalibratsiya jarayonida aniqlangan ko‘rsatkichlar,



NIR Intensity NIR Intensity-NIR spektroskopiyasi orqali olingan yorug'likning aks ettirish darajasi.

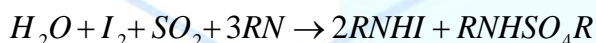
Masalan. Agar NIR spektrometri yordamida un namunasining aks ettirish intensivligi 0.65 deb o'lchangan bo'lsa va kalibratsiya jarayonida aniqlangan ko'rsatkichlar  $a = 5\%$  va  $b = 10$  bo'lsa, unning namlik darajasini hisoblash mumkin:

$$\text{Namlik } \% = 5\% + 10 \times 0.65 = 11.5\%$$

Bu misol un namunasining namlik darajasi 11.5% ekani ko'rsatadi.

#### 4. Karl Fischer Titration

Karl Fischer titrlash usuli yod ( $I_2$ ) va oltingugurt dioksid ( $SO_2$ ) bilan suvning redoks reaksiyasiga asoslanadi. Asosiy kimyoviy reaksiya quyidagicha:



Bu yerda RN - organik asos (masalan, piridin).

Karl Fischer titrlash usuli ikki xil usulda amalga oshirilishi mumkin: volumetrik va kulonometrik.

##### Volumetrik Karl Fischer Titratsiyasi

- Namuna va Karl Fischer reagenti (yod, oltingugurt dioksid, va metanol) eritmada aralashtiriladi.
- Reaksiya paytida yod suv bilan reaksiyaga kirishadi va suv tugagunga qadar bu jarayon davom etadi.
- Yodning ortiqcha miqdorini aniqlash uchun eritmaga qo'shiladigan yod miqdori o'lchanadi.
- Suv miqdori titrlangan yod miqdori bilan hisoblanadi.

##### Kulonometrik Karl Fischer Titratsiyasi

- Namuna Karl Fischer hujayrasi ichida eritiladi.
- Yod elektr toki yordamida in-situ hosil qilinadi.
- Suv miqdori elektr zaryad miqdori orqali aniqlanadi.
- Bu usulda yuqori aniqlikda o'lchash mumkin.

Bu kimyoviy usul suv molekularini aniq o'lchash uchun ishlatiladi. Karl Fischer titrations usuli juda aniq va ishonchli natijalar beradi. Karl Fischer Titration (KFT) usuli suv miqdorini aniq o'lchash uchun ishlatiladigan kimyoviy analiz usulidir. Bu usul juda past darajadagi suv miqdorini (hatto ppm darajasida) aniq aniqlay oladi va shu sababli oziq-ovqat, farmatsevtika va kimyo sanoatida keng qo'llaniladi.

KFT(Karl fischer titration) usuli, suvning Karl Fischer reagenti bilan kimyoviy reaksiyasiga asoslangan. Bu reagent iodin, sulfir dioksid, metanol va boshqa moddalarni o'z ichiga oladi. Suv reagent bilan reaksiyaga kirishganda, iodin sarflanadi, va bu sarflanish darajasi suvning miqdorini aniq belgilash imkonini beradi.

***Ushbu usulda quyidagi ketma-ketlik amalga oshiriladi.***

Namuna Tayyorlash: Avvalambor, namuna Karl Fischer titratoriga joylashtiriladi.



Titration: Karl Fischer reagenti asta-sekin namunaga qo'shiladi. Suv molekullari bilan reaksiyaga kirishgan sayin, reagent rangi o'zgaradi. End Point Aniqlash: Titrator, reagentning rang o'zgarishini kuzatib, suv molekullari bilan to'liq reaksiyaga kirishgan nuqtani (end point) aniqlaydi. Bu nuqta, reagentning qo'shilishi to'xtatiladigan vaqtdir.

Karl Fischer Titrationda quyidagi formula ishlatiladi:

$$\text{Namlik \%} = \frac{\text{Titrant hajmi} \times \text{Titrantning konsentratsiyasi} \times \text{Mol massasi suv}}{\text{Namuna massasi}} \times 100\% \quad (6)$$

**Misol:**

Agar 0.5 g un namunasini o'lchashda 2 mL titrant ishlatilgan bo'lsa, va har bir mL titrant 5 mg suvni reaksiyaga kirishish uchun sarflagan bo'lsa, suvning massasi quyidagicha hisoblanadi:

$$\text{Suv massasi} = 2 \text{ mL} \times 5 \text{ mg} / \text{mL} = 10 \text{ mg} \quad (7)$$

Endi, namlik foizini hisoblaymiz:

$$\text{Namlik \%} = \left( \frac{10_{\text{mg}}}{500_{\text{mg}}} \right) \times 100\% = 2\%$$

Bu misolda, un namunasining namlik darajasi 2% ekani aniqlandi.

Juda past namlik miqdorlarini ham aniqlay oladi. Bir necha daqiqada namlik miqdorini aniqlay oladi. Turli xil materiallar uchun mos keladi.

Asbob-uskunalar va reagentlar qimmat. Titratorni ishlatish va natijalarni tahlil qilish uchun maxsus bilim va tajriba talab etiladi.

Karl Fischer Titration usuli, uning yuqori aniqligi tufayli, namlikning past darajalari kritik ahamiyatga ega bo'lgan sohalarda.

#### **4.Yadro magnit rezonans (YMR) usuli bilan namlikni aniqlash**

Yadro magnit rezonans usuli atom yadrolarining magnit maydonda rezonans chastotasi bilan radiochastota (RF) impulslariga javob berish qobiliyatiga asoslanadi. yadro magnit rezonans signalini hosil qiluvchi asosiy yadro-proton ( $^1\text{H}$ ) hisoblanadi, chunki u ko'p molekullarda, jumladan suvda ham mavjud.

Yadro magnit rezonans signali uch bosqichni o'z ichiga oladi:

**Polarizatsiya:** Kuchli magnit maydon protonlarni parallel va antiparallel yo'nalishda tartibga soladi.

**Qo'zg'alish:** RF impuls protonlarni qo'zg'atib, energiya darajasini o'zgartiradi.

**Relaksatsiya:** Protonlar dastlabki holatiga qaytib, elektromagnit signal chiqaradi.

Larmor Chastotasi(Larmor chastotasi yadro magnit rezonans (YMR) usulida muhim tushunchalardan biri bo'lib, yadrolarning magnit maydon ostida aylanma

harakatining burchak chastotasini ifodalaydi. Bu chastota yadrolarning magnit maydonda qanday tezlikda aylanishini aniqlaydi).

Larmor chastotasi, yadro magnit maydonda aylanganda, yadroning magnit momenti va statik magnit maydon o'rtasidagi o'zaro ta'sir natijasida hosil bo'ladi. Bu chastota quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\omega_0 = \gamma B_0 \quad (8)$$

bu yerda:

$\omega_0$  – Larmor chastotasi (rad / s)

$\gamma$  – yadro giromagnit nisbati (rad / T·s),

$B_0$  – statik magnit maydon kuchi (T),.

Giromagnit nisbati ( $\gamma$ )-bu yadroning magnit momenti va burchak momenti o'rtasidagi nisbati bo'lib, har bir yadro uchun o'ziga xosdir. Masalan, proton ( $^1\text{H}$ ) uchun  $\gamma$  qiymati 42.58 MHz/T.

Larmor chastotasi yadro magnit rezonans tajribalarida quyidagi sabablarga ko'ra muhimdir: Yadrolar RF impuls bilan qo'zg'atilganda, bu impuls Larmor chastotasiga mos kelishi kerak. Aks holda, yadrolar qo'zg'almasligi mumkin. Yadro magnit rezonans spektrlarida Larmor chastotasi yordamida yadrolarning kimyoviy muhitini aniqlash mumkin.

Yadro magnit rezonans signal amplitudasi ( $M_0$ ) protonlar soniga bog'liq:

$$M_0 = \frac{TN\gamma^2 \hbar^2 B_0}{4k_B T} \quad (9)$$

$N$  - protonlar soni,

$\hbar$  - Plank doimiysi,

$k_B$  - Boltzmann doimiysi,

$T$  - absolyut harorat.

Relaksatsiya vaqtlari:

Yadro magnit rezonans signalining asosiy tahlillari relaksatsiya vaqtlariga asoslanadi:

T1 (Spin-reja relaksatsiya vaqti): Energiya protonlar magnit maydon bilan o'zaro ta'sirida tarqaladi.

T2 (Spin-spin relaksatsiya vaqti): Energiya protonlar o'zaro ta'sirida tarqaladi.

### Yadro magnit rezonans sulida bug'doy unidagi namlikni aniqlash

Yadro magnit rezonans usulida bug'doy unidagi namlikni suv molekulari protonlar sonini aniqlab o'lchashga asoslanadi. Suv molekularining mavjudligi va joylashuvi yadro magnit rezonans signallarining amplitudasi va relaksatsiya vaqtlariga ta'sir qiladi.

Statik magnit maydon  $0 = 1.5TB_0 = 1.5T$  (tesla) bo'lsa,

Suv uchun giromagnit nisbati  $\gamma = 42.58 \text{MHz} / T$ .

Larmor chastotasi:  $\omega_0 = \gamma B_0 = 42.58 \times 1.5 = 63.87 \text{MHz}$

Bug'doy unida suv molekulari soni  $N = 1023 \text{bo'lsa}$ ,

Harorat  $T = 298 \text{K}$  (kelvin).

$$\text{Signal amplitudasi: } M_0 = \frac{TN\gamma^2 \hbar^2 B_0}{4k_B T} \quad (10)$$

bu formulani hisoblash uchun barcha doimiylarni qo'llash kerak.

Bug'doy unidan namunani olib, yadro magnit rezonans asbobiga joylashtiriladi.

Magnit Maydonni Yaratish: Kuchli magnit maydon ( $B_0$ ) hosil qilinadi.

Protonlarni qo'zg'atish uchun RF impulslar yuboriladi. Protonlar dastlabki holatiga qaytib, signal hosil qiladi. Bu signal qayd etiladi va tahlil qilinadi. Tahlil natijalariga asoslanib bug'doy unidagi namlik miqdori aniqlanadi.

Yadro magnit rezonans usuli bug'doy unidagi namlikni aniqlashda yuqori aniqlik va ishonchlilikni ta'minlaydi, bu esa mahsulot sifatini nazorat qilish va saqlash jarayonlarini optimallashtirishga yordam beradi.

### Xulosa

Namlikni o'lchash, ayniqsa kukunli materiallar uchun, mahsulot sifatini ta'minlashda va saqlash muddatini uzaytirishda muhim ahamiyatga ega. Ushbu maqolada keltirilgan usullar-gravimetrik usul, elektr qarshiligi va dielektrik xususiyatlari usuli, yaqinning infraqizil reflektans (NIR) spektroskopiyasi, Karl Fischer titrlash usuli va yadro magnit rezonans usuli - namlikni aniqlashning samarali va ishonchli usullari hisoblanadi. Har bir usulning o'ziga xos afzalliklari va kamchiliklari mavjud. Masalan, gravimetrik usul yuqori aniqlikni ta'minlaydi, ammo vaqt talab qiladi; elektr qarshiligi va dielektrik xususiyatlari usullari tez natijalar beradi, ammo qimmat uskunalarni talab qiladi; NIR spektroskopiyasi va Karl Fischer titrlash usullari yuqori aniqlik va tezkor natijalar bilan ajralib turadi; yadro magnit rezonans usuli esa juda aniq va ishonchli bo'lib, murakkab va qimmat uskunalarni talab qiladi. Ushbu usullarni to'g'ri tanlash va qo'llash mahsulot sifatini nazorat qilish va ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirishda katta rol o'ynaydi. Shuning uchun, namlikni o'lchash usullari turli sanoat sohalarida keng qo'llanilib, mahsulotning bozordagi raqobatbardoshligini oshirish va iste'molchilar xavfsizligini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega.

Xulosa qilib aytganda, namlikni o'lchash usullarining samarali qo'llanilishi mahsulot sifatini yaxshilash, ishlab chiqarish jarayonlarini nazorat qilish va optimallashtirish hamda saqlash muddatini uzaytirishga yordam beradi. Har bir usulning afzalliklari va kamchiliklarini hisobga olgan holda, maqsadga muvofiq usulni tanlash va qo'llash zarurdir.

**Foydalanilgan adabiyotlar.**

1. Uljaev E., Narzullayev Sh.N., Norboev O.N., Substantiation of application of artificial neural networks for creation of humidity measuring devices// International Virtual Conference On Innovative Thoughts, Research Ideas and Inventions in Sciences. New York, USA. 2021. – pp. 86-92.
2. Uljaev E., Narzullayev Sh.N., Norboev O.N., Abdikhalilov O.U., Moisture meter for powder bulk materials // International Consortium on Academic, Trends on Education and Science. London, England, 2021. – pp. 115-117.
3. Uljayev E., Usmanova X.A., Turgunbayev A., Igamberdiyev X.Z., Ismatullayev P.R., Tulbayev F.A., Uljayev Z.E., Pardayev G.E., Norboyev O.N., Jumayev Sh.SH., Sochiluvchan materiallarning sig‘imli nam o‘lchagichi // Ixtiro uchun guvohnoma № IAP 05578, 17.03.2018 й.
4. Uljaev E., Ubaydullaev U.M., Narzullayev Sh.N., Khudoyberdiyev E.F., Gradient algorithms for artificial neuron network teaching // International Conference on Innovations Energy and Cleaner Production. Silicon Valley, California-USA, 2021. – pp. 1-7.
5. Uljaev E., Ubaydullaev U.M., Narzullaev Sh.N., Capacity transformer of coaxial and cylindrical form of humidity meter // Chemical Technology, Control and Management. 2020. Vol. 2020: Iss. 4, Article 4, – pp. 23-30, <https://doi.org/10.34920/2020.4.23-30>.
6. Uljaev E., Narzullayev S., Utkir U., Shoiras S., Increasing the Accuracy of Calibration Device for Measuring the Moisture of Bulk Materials // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. vol 305, – pp. 204-213. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-83368-8\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-030-83368-8_20).