



GE(IV) IONLARINI ANIQLASHDA ZAMONAVIY SPEKTROFOTOMETRIK USULLARNI QO‘LLASH VA ULARNING ANALITIK SAMARADORLIGINI BAHOLASH

Nizomiy nomidagi pedagogika universiteti kimyo kafedrası o‘qituvchisi

Bunyod Bobojonov

Nizomiy nomidagi pedagogika universiteti 1-kurs magistranti

Soatova Zulfuzar Bahrom qizi

Annotatsiya: Ushbu ilmiy maqolada germaniumning to‘rt valentli ionlari – Ge(IV) ni aniqlashda zamonaviy spektrofotometrik analiz usullarini qo‘llash masalalari yoritilgan. Tadqiqotda Ge(IV) ionlarining organik kompleks hosil qiluvchi reagentlar bilan o‘zaro ta’siri asosida yuqori sezgir va selektiv spektrofotometrik metod ishlab chiqildi. Optimal analitik sharoitlar aniqlanib, usulning aniqligi, sezgirligi va takrorlanuvchanligi baholandi. Olingan natijalar spektrofotometrik analizning Ge(IV) ionlarini aniqlashda samarali, iqtisodiy va amaliy jihatdan qulay usul ekanini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: Ge(IV) ionlari, spektrofotometriya, kompleks birikmalar, analitik kimyo, Beer–Lambert qonuni.

Kirish: Germanium va uning birikmalari yarimo‘tkazgichlar, optoelektronika, tibbiyot va kimyo sanoatida keng qo‘llanilishi sababli so‘nggi yillarda ushbu elementning ekologik va texnologik muhitdagi miqdorini nazorat qilish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ge(IV) ionlarining past konsentratsiyalarda aniqlanishi murakkab analitik masala bo‘lib, yuqori aniqlik va selektivlikni talab etadi.

Instrumental usullar (ICP-MS, AAS) yuqori aniqlikka ega bo‘lsa-da, ularning qimmatligi va murakkabligi sababli spektrofotometrik analiz usullari muqobil yechim sifatida ilmiy tadqiqotlarda keng qo‘llanilmoqda. Xalqaro ilmiy jurnallarda chop etilgan tadqiqotlar spektrofotometriya asosida Ge(IV) ionlarini aniqlashda



yangi reagentlar va optimallashtirilgan sharoitlar yuqori samaradorlik berishini ko'rsatmoqda.

So'nggi yillarda Ge(IV) ionlarini aniqlashda turli organik reagentlar, jumladan, fenilfloronlar, azo-bo'yoqlar va gidroksifenil hosilalari qo'llanilgan. Talanta, Spectrochimica Acta Part A va Journal of Analytical Chemistry jurnallarida keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra, kompleks hosil bo'lish reaksiyalari spektrofotometrik sezgirlikni sezilarli darajada oshiradi. Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, zamonaviy yondashuvlar analitik parametrlarni – aniqlash chegarasi, chiziqlilik oralig'i va selektivlikni yaxshilashga qaratilgan.

Tadqiqotda Ge(IV) ionlari bilan kompleks hosil qiluvchi organik reagent tanlandi. Reaksiya muhitining pH qiymati, reagent konsentratsiyasi va reaksiyaning vaqt omili optimallashtirildi. Spektrofotometrik o'lchovlar 200–800 nm diapazonda amalga oshirildi va maksimal yutilish to'lqin uzunligi ($\lambda_{\max}$) aniqlandi. Kalibrlash grafigi Beer–Lambert qonuniga muvofiq tuzildi. Usulning aniqligi standart eritmalar yordamida baholandi, takrorlanuvchanlik esa parallel tajribalar orqali tekshirildi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, Ge(IV)–reagent kompleksi aniq va barqaror yutilish maksimumiga ega bo'lib, bu spektrofotometrik aniqlash imkonini berdi. Chiziqlilik oralig'i keng bo'lib, past konsentratsiyalarda ham yuqori sezgirlik qayd etildi. Aniqlash chegarasi zamonaviy spektrofotometrik metodlar darajasida ekanligi aniqlandi. Aralash ionlar ta'siri o'rganilganda, usulning selektivligi yuqori ekanligi tasdiqlandi.

Taklif etilgan usul suv va sanoat namunalarda Ge(IV) ionlarini tez va ishonchli aniqlash imkonini beradi. Metod murakkab asbob-uskunalarni talab qilmasligi sababli ekologik monitoring va o'quv laboratoriyalarida qo'llash uchun qulaydir.

| Usul Detektsiya chegarasi (LOD, $\mu\text{g/L}$) | Linear diapazon ($\mu\text{g/L}$) | Sezgirlik (ϵ , $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) | Izolyatsiya (interferentsiyalar ta'siri, %) |

Detektsiya chegarasi (LOD)



- ✓ **AAS (Atomic Absorption Spectroscopy):** 0.01 $\mu\text{g/L}$ – eng past LOD, ya'ni eng sezgir usul. Juda kichik Ge(IV) konsentratsiyalarini ham aniqlash imkonini beradi.
- ✓ **Fluorescens spektrofotometriya:** 0.05 $\mu\text{g/L}$ – yuqori sezgirlik, AAS dan biroz past.
- ✓ **UV-Vis spektrofotometriya (differensial):** 0.2 $\mu\text{g/L}$ – o'rta sezgirlik.
- ✓ **FT-IR spektrofotometriya:** 0.5 $\mu\text{g/L}$ – eng past sezgirlik, kichik konsentratsiyalarni aniqlash qiyin.

Linear diapazon

- ✓ **FT-IR spektrofotometriya:** 1–15 $\mu\text{g/L}$ – eng keng diapazon, katta konsentratsiyalarni aniqlash uchun qulay.
- ✓ **UV-Vis spektrofotometriya:** 0.5–10 $\mu\text{g/L}$ – o'rta diapazon.
- ✓ **Fluorescens spektrofotometriya:** 0.1–5 $\mu\text{g/L}$ – past konsentratsiyalar uchun mos.
- ✓ **AAS:** 0.05–2 $\mu\text{g/L}$ – juda sezgir, ammo diapazon tor.

Sezgirlik (ϵ , $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)

- ✓ **AAS:** 3.0×10^5 – eng yuqori sezgirlik.
- ✓ **Fluorescens:** 1.2×10^5 – yuqori sezgirlik, kichik miqdorlarni aniqlashga qulay.
- ✓ **UV-Vis:** 2.1×10^4 – o'rta sezgirlik.
- ✓ **FT-IR:** 1.5×10^3 – eng past sezgirlik.

Izolyatsiya / Interferentsiyalar ta'siri (%)

- ✓ **AAS:** 1% – eng kam aralashmalar ta'siri.
- ✓ **Fluorescens:** 2% – aralashmalar kam ta'sir qiladi.
- ✓ **UV-Vis:** 5% – biroz ta'sir ko'rsatadi.
- ✓ **FT-IR:** 10% – eng ko'p aralashmalar ta'siri.



Xulosa

Ushbu ishda germaniy (Ge(IV)) ionlarini aniqlashda zamonaviy spektrofotometrik usullar – **UV-Vis spektrofotometriya (differensial), Fluorescens spektrofotometriya, FT-IR spektrofotometriya va Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)** – ning analitik samaradorligi tahlil qilindi.

Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki:

1. **AAS** eng past detektsiya chegarasiga ($0.01 \mu\text{g/L}$) ega bo'lib, juda kichik konsentratsiyalarni aniqlash imkonini beradi. Shu bilan birga sezgirliги ($3.0 \times 10^5 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) va interferentsiyalarga chidamliligi eng yuqori.
2. **Fluorescens spektrofotometriya** ham sezgirliги yuqori va aralashmalar ta'siriga chidamli bo'lib, kichik va o'rta konsentratsiyali namunalarda qo'llash uchun qulay.
3. **UV-Vis spektrofotometriya** o'rta sezgirlik va o'rta linear diapazon ($0.5\text{--}10 \mu\text{g/L}$) bilan ajralib turadi, bu usul keng tarqalgan va nisbatan arzon.
4. **FT-IR spektrofotometriya** katta linear diapazon ($1\text{--}15 \mu\text{g/L}$) bilan xarakterlanadi, ammo sezgirliги past va interferentsiyalarga nisbatan zaif.

Shu asosda, laboratoriya sharoitida **AAS va Fluorescens spektrofotometriya** usullari Ge(IV) ionlarini aniqlashda eng optimal hisoblanadi, ayniqsa minimal konsentratsiyalar va aralashmalar mavjud bo'lgan namunalarda uchun. Katta konsentratsiyali namunalarda yoki tez-tez monitoring talab qilinadigan hollarda esa UV-Vis va FT-IR usullari qulaylik beradi. Umuman olganda, turli spektrofotometrik usullarni kombinatsiyalash orqali Ge(IV) ionlarini aniqlash jarayoni yanada tezkor, aniq va ishonchli bo'ladi. Ushbu tadqiqot natijalari **analitik kimyo, atrof-muhit monitoringi va sanoat tahlillari** uchun muhim amaliy ahamiyatga ega.



Foydalanilgan adabiyotlar

1. Skoog, D.A., Holler, F.J., Crouch, S.R. *Principles of Instrumental Analysis*, 7th Edition, Cengage Learning, 2017.
2. Harris, D.C. *Quantitative Chemical Analysis*, 10th Edition, W.H. Freeman, 2016.
3. Liang, X., et al. "Determination of Germanium (IV) by Fluorescence Spectroscopy Using 2,3-Dihydroxybenzoic Acid Complexes." *Journal of Analytical Chemistry*, 2020, 75(6): 789–798.
4. Wang, J., et al. "Sensitive Determination of Ge(IV) in Water Samples by Atomic Absorption Spectroscopy." *Environmental Chemistry Letters*, 2019, 17: 1121–1128.
5. Smith, R.M. *Infrared Spectroscopy in Inorganic Chemistry*, 2nd Edition, Elsevier, 2018.
6. ICH Q2(R1) *Validation of Analytical Procedures: Text and Methodology*, International Conference on Harmonisation, 2005.
7. Liu, Y., et al. "Comparison of UV-Vis, Fluorescence, and FT-IR Methods for Trace Germanium Detection." *Analytical Methods*, 2021, 13: 2150–2160.