KOLLOID SUYUQLIK TOMCHISINING KLINOVIDLI DEGIDRATATSIYASIDA FAZAVIY O‘TISH VA STRUKTURA HOSIL BO‘LISHINING FIZIK MEXANIZMLARI

Madaminov Ikromjon Baxtiyor o‘g‘li
Farg‘ona davlat universiteti “Fizika” kafedrasi
1-bosqich tayanch doktoranti

Annotatsiya

Maqolada kolloid suyuqlik tomchisining klinovidli degidratatsiyasi jarayonida suyuq fazadan gel va qattiq fazaga o‘tish mexanizmlari fizik nuqtayi nazardan tahlil qilinadi. Ko‘p komponentli biologik suyuqliklar suvli erituvchi, oqsil makromolekulalari, mineral tuzlar va organik komponentlardan tashkil topgan polidispers kolloid sistema sifatida qaraladi. Degidratatsiya davomida tomchi hajmining kamayishi, kontakt chizig‘ining mahkamlanishi, konsentratsiya gradientlarining kuchayishi, oqsil agregatsiyasi, gel hosil bo‘lishi va tuzlarning kristallanishi qattiq qoldiq morfologiyasini belgilaydi. Tadqiqotda qattiq faza shakllanishi bug‘lanish, kapillyar transport, fazaviy ajralish va o‘z-o‘zini strukturaviy tashkil etish jarayonlarining umumiy natijasi sifatida izohlanadi. Maqola biologik kolloid tomchilarda fasiya hosil bo‘lishini suyuqliklar fizikasi va fazaviy o‘tishlar nazariyasi asosida tushuntirishga qaratilgan.

Kalit so‘zlar: *kolloid tomchi, klinovidli degidratatsiya, fazaviy o‘tish, gel hosil bo‘lishi, kristallanish, fasiya, oqsil agregatsiyasi, kapillyar kuchlar, sirt tarangligi, struktura hosil bo‘lishi.*

KIRISH

Kolloid suyuqlik tomchisining qattiq sirt ustida qurishi suyuqliklar fizikasi, yumshoq modda fizikasi va fazaviy o‘tishlar nazariyasida muhim ahamiyatga ega bo‘lgan jarayonlardan biridir. Bunday sistemada tomchi hajmining kamayishi faqat suvning bug‘lanishi bilan cheklanmaydi. Qurish davomida suyuqlik ichida modda transporti, konsentratsiya ortishi, kolloid zarrachalarning yaqinlashuvi, oqsil agregatsiyasi, gel hosil bo‘lishi va kristallanish kabi bir-biri bilan bog‘liq fizik jarayonlar yuz beradi.

Biologik suyuqliklar fizik nuqtayi nazardan murakkab kolloid muhit sifatida qaralishi mumkin. Ularning tarkibida suv asosiy erituvchi vazifasini bajaradi, oqsil makromolekulalari va organik birikmalar esa kolloid komponentlar sifatida ishtirok etadi. Mineral tuzlar, ionlar va kichik molekulali moddalar degidratatsiya jarayonida konsentratsiyasi ortib boradigan faol tarkibiy qismlar hisoblanadi. Shu sababli biologik suyuqlik tomchisining qurishi yakunida hosil bo‘ladigan qattiq qoldiq yoki fasiya oddiy cho‘kma emas, balki murakkab fizik jarayonlarning fazoviy natijasidir [1, B. 47].

Klinovidli degidratatsiya sharoitida tomchi chekka qismida qurish jarayoni markaziy sohaga qaraganda oldinroq boshlanadi. Bunda tomchi periferiyasida suyuqlik qatlami yupqaroq bo‘lganligi sababli konsentratsiya tezroq ortadi va qattiqlashish fronti asta-sekin markaz tomon siljiydi. Natijada qattiq qoldiq tarkibida periferik, oraliq va markaziy zonalar shakllanishi mumkin. Ushbu zonalarning fizik tabiati bug‘lanish oqimi, sirt tarangligi, kapillyar kuchlar, modda ko‘chishi va fazaviy ajralish jarayonlari bilan belgilanadi.

Bug‘lanayotgan tomchilarda qattiq qoldiq hosil bo‘lishi ko‘p hollarda “coffee-ring” effekti bilan bog‘lanadi. Bu mexanizmda kontakt chizig‘ining mahkamlanishi va chekka sohada bug‘lanishning kuchayishi natijasida modda periferiyaga ko‘chadi [2, B. 827]. Biroq biologik kolloid suyuqliklarda yakuniy struktura faqat halqasimon qoldiq bilan chegaralanmaydi. Oqsil-tuz nisbatining o‘zgarishi, gelga o‘tish, kristallanish va ichki kuchlanishlar tufayli yoriqlar, radial chiziqlar, zonal chegaralar va markaziy kristall strukturalar ham paydo bo‘lishi mumkin.

Mazkur maqolaning maqsadi kolloid suyuqlik tomchisining klinovidli degidratatsiyasi jarayonida suyuq fazadan gel va qattiq fazaga o‘tish, qattiq qoldiqning zonal tuzilishi hamda fasiya morfologiyasining shakllanish mexanizmlarini fizik nuqtayi nazardan tahlil qilishdan iborat.

METODOLOGIYA

Tadqiqot nazariy-fizik tahlil, kolloid sistemalar fizikasi va fazaviy o‘tishlar haqidagi ilmiy manbalarni umumlashtirish asosida olib borildi. Kolloid suyuqlik tomchisi qattiq sirt ustida joylashgan, tashqi muhit bilan modda va energiya almashuvchi ochiq sistema sifatida qaraldi. Bunda tomchining boshlang‘ich hajmi, namlanish burchagi, sirt tarangligi, bug‘lanish oqimi, kontakt chizig‘i holati, konsentratsiya ortishi, gel hosil bo‘lishi va kristallanish jarayonlari asosiy fizik omillar sifatida tahlil qilindi.

Tomchi va qattiq sirt o‘rtasidagi muvozanat namlanish sharti Young tenglamasi orqali ifodalanadi:

$$\cos\theta = \frac{\sigma_{SV} - \sigma_{SL}}{\sigma_{LV}} \quad (1)$$

bu yerda θ - namlanish burchagi, σSV - qattiq sirt–bug‘ chegarasidagi sirt energiyasi, σSL - qattiq sirt–suyuqlik chegarasidagi sirt energiyasi, σLV - suyuqlik–bug‘ chegarasidagi sirt tarangligi. (1)-tenglama tomchining qattiq taglikdagi geometriyasi sirt energiyalari nisbati bilan belgilanadigan fizik holat ekanini ko‘rsatadi.

Degidratatsiya jarayonida tomchi hajmining kamayishi mahalliy bug‘lanish oqimi bilan bog‘liq. Bu holat umumiy ko‘rinishda quyidagicha yoziladi:

$$\frac{dV}{dt} = -\int_S J(r,t)dS \quad (2)$$

bu yerda V - tomchi hajmi, J(r,t) - tomchi sirtining turli nuqtalaridagi mahalliy bug‘lanish oqimi, S - bug‘lanayotgan erkin sirt. (2)-ifoda tomchi hajmining vaqt bo‘yicha kamayishi bug‘lanish oqimining sirt bo‘ylab taqsimlanishiga bog‘liqligini ifodalaydi.

Tomchi qurishi davomida erigan va muallaq komponentlar konsentratsiyasi ortib boradi. Fazaviy o‘tishning boshlanishini to‘yinganlik darajasi orqali baholash mumkin:

$$\chi(t) = \frac{c(t)}{c_s} \quad (3)$$

bu yerda c(t) - vaqtga bog‘liq joriy konsentratsiya, cs - to‘yinish konsentratsiyasi. $\chi(t) \geq 1$ bo‘lganda sistema to‘yingan yoki o‘ta to‘yingan holatga o‘tadi. Bu sharoitda kristallanish, agregatsiya yoki fazaviy ajralish jarayonlari boshlanishi mumkin.

Kolloid zarrachalar va makromolekulalarning hajmiy ulushi ortishi gelga o‘tish ehtimolini kuchaytiradi. Buni soddalashtirilgan ko‘rinishda quyidagicha yozish mumkin:

$$\varphi(t) = \frac{m_s}{\rho_s V(t)}, \quad \varphi(t) \geq \varphi_g \qquad (4)$$

bu yerda φ(t) - dispers fazaning hajmiy ulushi, ms - qattiq komponentlar massasi, ρs - qattiq komponentlar zichligi, φg - gel hosil bo‘lishiga mos kritik hajmiy ulush. (4)-ifoda tomchi hajmi kamaygan sari dispers komponentlarning nisbiy ulushi ortishini va kritik qiymatdan keyin gelga o‘tish sharoiti yuzaga kelishini ko‘rsatadi.

Ushbu metodologik yondashuvda maqola eksperimental o‘lchov natijalariga emas, balki mavjud ilmiy adabiyotlar, suyuqliklar fizikasi tenglamalari va kolloid sistemalarda struktura hosil bo‘lish mexanizmlarini umumlashtirishga tayangan holda yozildi.

NATIJALAR

Nazariy va adabiyotlar tahlili asosida kolloid suyuqlik tomchisining klinovidli degidratatsiyasi bir necha ketma-ket fizik bosqichlarda kechishi umumlashtirildi. Birinchi bosqichda tomchi qattiq sirt bilan kontaktga kirishib, muayyan namlanish burchagini egallaydi. Ushbu bosqichda tomchi shakli sirt tarangligi, adgeziya va qattiq taglikning fizik-kimyoviy xossalariga bog‘liq bo‘ladi.

Keyingi bosqichda bug‘lanish oqimi tomchi sirtida notekis taqsimlanishi mumkin. Periferik sohada suyuqlik qatlami yupqaroq bo‘lganligi sababli konsentratsiya nisbatan tezroq ortadi. Kontakt chizig‘i mahkamlangan sharoitda tomchi radiusi ma’lum vaqt davomida barqaror saqlanadi, hajm esa kamayib boradi. Bu holat kapillyar transportni kuchaytirib, oqsil makromolekulalari va kolloid zarrachalarning chekka sohaga ko‘chishiga sharoit yaratadi.

Uchinchi bosqich sifatida periferiyaga tashilgan oqsil va kolloid komponentlarning o‘zaro yaqinlashuvi ajratildi. Suv miqdorining kamayishi makromolekulalar orasidagi masofani qisqartiradi, bu esa agregatsiya, koagulyatsiya va gelga o‘tish jarayonlari uchun sharoit yaratadi. Natijada tomchining ayrim qismlarida yuqori yopishqoqlikka ega yarim qattiq qatlam shakllanishi mumkin.

To‘rtinchi bosqichda mineral tuzlar va kichik molekulali komponentlar konsentratsiyasi to‘yinish qiymatiga yaqinlashadi. To‘yinganlik darajasi ortganda kristallanish markazlari paydo bo‘lishi ehtimoli kuchayadi. Shu sababli fasiya tarkibida amorf oqsil qatlamlari bilan bir qatorda kristall yoki dendritsimon tuz strukturalari ham shakllanishi mumkin [1, B. 50].

Yakuniy bosqichda erkin suv miqdori keskin kamayib, tomchi qattiq fazaga o‘tadi. Qattiqlashgan plyonka qattiq sirtga yopishganligi sababli uning erkin qisqarishi cheklanadi. Natijada ichki mexanik kuchlanishlar hosil bo‘lib, fasiya sirtida radial, tarmoqlangan yoki zonal yoriqlar paydo bo‘lishi mumkin.

Adabiyotlar tahlili asosida klinovidli degidratatsiyada struktura hosil bo‘lishiga ta’sir qiluvchi asosiy fizik omillar 1-jadvalda umumlashtirildi.

1-jadval.

Klinovidli degidratatsiyada fasiya strukturasining shakllanishiga ta’sir qiluvchi fizik omillar

Fizik omil	Jarayondagi fizik roli	Qattiq qoldiq/fasiya strukturasiga ta’siri
Bug‘lanish oqimining notekisligi	Tomchi sirtining turli sohalarida suv yo‘qolish tezligi farqlanadi	Konsentratsiya gradientlari kuchayadi, qattiqlashish bir xil kechmaydi
Kontakt chizig‘ining mahkamlanishi	Tomchi chekkasi qattiq sirtga nisbatan barqaror holatda saqlanadi	Periferik modda to‘planishi va halqasimon qoldiq hosil bo‘lishiga sharoit yaratadi
Kapillyar transport	Suyuqlik markaziy sohadan periferiyaga ko‘chadi	Oqsil va kolloid zarrachalar tomchi chetida konsentratsiyalanadi
Konsentratsiya ortishi	Suv kamayishi hisobiga erigan va muallaq komponentlar nisbiy miqdori oshadi	Agregatsiya, koagulyatsiya va fazaviy ajralish ehtimoli ortadi
Gel hosil bo‘lishi	Makromolekulalar va kolloid zarrachalar fazoviy tarmoq hosil qiladi	Amorf, yarim qattiq yoki yoriqli qatlam shakllanishi mumkin
Tuzlarning kristallanishi	Eritma to‘yingan yoki o‘ta to‘yingan holatga o‘tadi	Markaziy yoki oraliq zonalarda kristall va dendritsimon strukturalar yuzaga keladi
Sirt tarangligi gradientlari	Harorat yoki konsentratsiya farqi ichki oqimlarni o‘zgartiradi	Qoldiqning radial, markaziy yoki zonal tuzilishiga ta’sir qiladi
Qurishdagi mexanik kuchlanish	Qattiqlashgan qatlam qisqaradi, ammo sirtga yopishish uni cheklaydi	Radial, tarmoqlangan yoki tartibsiz yoriqlar hosil bo‘ladi

Mazkur jadval eksperimental o‘lchovlarni emas, balki klinovidli degidratatsiya jarayonida adabiyotlarda ko‘rsatilgan va suyuqliklar fizikasi nuqtayi nazaridan asoslanadigan umumiy mexanizmlarni tizimlashtiradi.

MUHOKAMA

Klinovidli degidratatsiyada fasiya hosil bo‘lishi kolloid tomchining suyuq holatdan qattiq holatga oddiy o‘tishi emas. Bu jarayon bug‘lanish, kapillyar transport, konsentratsiya ortishi, gel hosil bo‘lishi, kristallanish va mexanik deformatsiyalarning birgalikdagi natijasi sifatida qaralishi kerak. Shu sababli fasiya morfologiyasi faqat

boshlang‘ich tarkibga emas, balki qurish sharoitlari va tomchi ichidagi transport jarayonlariga ham bog‘liq.

Periferik zonaning erta shakllanishi kontakt chizig‘i pinningi va chekka sohada bug‘lanishning kuchayishi bilan izohlanadi. Chekka sohada suyuqlik hajmi tezroq kamaygani sababli erigan va muallaq komponentlar bu hududda tezroq konsentratsiyalanadi. Oqsil makromolekulalari va kolloid zarrachalar kapillyar oqim orqali periferiyaga tashilganda, qattiq qoldiqning dastlabki karkasi aynan shu hududda paydo bo‘ladi [2, B. 827].

Markaziy zona esa nisbatan uzoqroq vaqt suyuq yoki yuqori yopishqoqlikka ega holatda qolishi mumkin. Bu sohada tuzlar va kichik molekulali komponentlar konsentratsiyasi asta-sekin ortadi. Agar konsentratsiya to‘yinish qiymatiga yetsa, kristallanish boshlanadi. Bunda kristall strukturalarning shakli bug‘lanish tezligi, ion kuchi, oqsil-tuz nisbati va gel karkasining mavjudligiga bog‘liq bo‘ladi [1, B. 198].

Oqsil-tuz nisbatining o‘zgarishi fasiya morfologiyasini belgilovchi muhim fizik parametr hisoblanadi. Oqsillar suyuqlikning yopishqoqligi, sirt faol xossalari va gel hosil qilish qobiliyatini o‘zgartiradi. Tuzlar esa to‘yinish darajasiga yetganda kristallanishni kuchaytiradi. Natijada oqsilga boy sohalarda amorf yoki yoriqli tuzilma, tuzga boy sohalarda esa kristall yoki dendritsimon tuzilma shakllanishi mumkin.

Fazaviy o‘tishlarning vaqt bo‘yicha ketma-ketligi ham muhim ahamiyatga ega. Agar gel hosil bo‘lishi kristallanishdan oldin yuz bersa, paydo bo‘lgan gel karkasi tuzlarning erkin o‘sishini cheklashi mumkin. Aksincha, kristallanish jarayoni erta boshlansa, fasiya tarkibida mineral kristall strukturalar ustunroq namoyon bo‘ladi. Demak, qattiq qoldiqning yakuniy shakli nafaqat modda tarkibi, balki fazaviy o‘tishlarning boshlanish vaqti bilan ham belgilanadi.

Qurish yakunida hosil bo‘ladigan yoriqlar ham fizik jihatdan muhim ko‘rsatkichdir. Suv yo‘qolishi bilan oqsil yoki polimerga o‘xshash qatlam qisqaradi. Qattiq sirtga yopishgan qoldiq erkin qisqara olmagani sababli unda ichki mexanik kuchlanishlar hosil bo‘ladi. Agar ushbu kuchlanishlar qoldiq qatlamning mexanik mustahkamlik chegarasidan oshsa, fasiya yoriladi. Shuning uchun yoriqlar tizimi qurish tezligi, adgeziya kuchi va qoldiq qatlamning elastik xossalari bilan bog‘liq holda talqin qilinishi mumkin [10, B. 052801].

Biologik kolloid suyuqliklarda fasiya morfologiyasi ko‘p omilli fizik hodisa sifatida baholanishi lozim. U faqat biokimyoviy tarkibning passiv tasviri emas, balki bug‘lanish, kapillyar oqim, fazaviy ajralish, gel hosil bo‘lishi, kristallanish va mexanik kuchlanishlarning yakuniy natijasidir. Bunday yondashuv biologik suyuqliklarning qattiq fazadagi tuzilishini suyuqliklar fizikasi va kolloid sistemalar nazariyasi asosida tushuntirish imkonini beradi.

Shuningdek, klinovidli degidratatsiya jarayonida hosil bo‘ladigan strukturalarni ilmiy jihatdan taqqoslash uchun tajriba sharoitlarining standartlashtirilishi zarur. Tomchi hajmi, qattiq sirt materiali, qurish harorati, nisbiy namlik, boshlang‘ich konsentratsiya va qurish vaqti nazorat qilinmasa, bir xil tarkibli suyuqliklardan ham turlicha qoldiq strukturalari hosil bo‘lishi mumkin. Shu sababli fasiya tahlilining fizik ishonchliligi tajriba sharoitlarining takrorlanuvchanligiga bevosita bog‘liq.

XULOSA

Kolloid suyuqlik tomchisining klinovidli degidratatsiyasi jarayonida qattiq qoldiq hosil bo‘lishi bug‘lanish, kapillyar transport, konsentratsiya ortishi, fazaviy ajralish, gel hosil bo‘lishi, kristallanish va mexanik kuchlanishlarning o‘zaro bog‘liq natijasi hisoblanadi. Tomchi periferiyasida qurishning tezroq kechishi qattiqlashish frontining chekkadan markazga siljishiga sabab bo‘ladi.

Fazaviy o‘tish jarayonida oqsil makromolekulalari gel yoki amorf qattiq qatlam hosil qilishga moyil bo‘lsa, mineral tuzlar to‘yinish sharoitida kristall strukturalarni shakllantiradi. Ushbu jarayonlarning ketma-ketligi va nisbiy ustunligi fasiya morfologiyasining halqasimon, radial, markaziy yoki zonal ko‘rinishda namoyon bo‘lishini belgilaydi.

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, klinovidli degidratatsiyada hosil bo‘ladigan qattiq qoldiqni fizik jihatdan talqin qilish uchun faqat kimyoviy tarkibni emas, balki bug‘lanish sharoiti, sirt bilan o‘zaro ta’sir, konsentratsiya gradientlari, gelga o‘tish va mexanik kuchlanishlarni ham hisobga olish zarur. Biologik suyuqliklar asosidagi kolloid tomchilar shu jihatdan ochiq sistemalarda fazaviy o‘tish va strukturaviy o‘z-o‘zini tashkil etish jarayonlarini o‘rganish uchun qulay fizik model bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Шабалин В.В. Биофизические механизмы формирования твердофазных структур биологических жидкостей человека. Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. Санкт-Петербург, 2018. 375 с.

2. Deegan R.D., Bakajin O., Dupont T.F., Huber G., Nagel S.R., Witten T.A. Capillary flow as the cause of ring stains from dried liquid drops // Nature. 1997. Vol. 389. P. 827–829.

3. Popov Y.O. Evaporative deposition patterns: Spatial dimensions of the deposit // Physical Review E. 2005. Vol. 71. 036313.

4. Hu H., Larson R.G. Marangoni effect reverses coffee-ring depositions // The Journal of Physical Chemistry B. 2006. Vol. 110. No. 14. P. 7090–7094.

5. Brutin D., Starov V. Recent advances in droplet wetting and evaporation // Chemical Society Reviews. 2018. Vol. 47. P. 558–585.

6. Tarasevich Y.Y., Pravoslavnova D.M. Segregation in desiccated sessile drops of biological fluids // The European Physical Journal E. 2007. Vol. 22. P. 311–314.

7. Sobac B., Brutin D. Structural and evaporative evolutions in desiccating sessile drops of blood // Physical Review E. 2011. Vol. 84. 011603.

8. Sefiane K. On the formation of regular patterns from drying droplets and their potential use for biomedical applications // Journal of Bionic Engineering. 2010. Vol. 7. P. S82–S93.

9. Goehring L., Clegg W.J., Routh A.F. Solidification and ordering during directional drying of a colloidal dispersion // Langmuir. 2010. Vol. 26. No. 12. P. 9269–9275.

10. Pauchard L., Allain C. Stable and unstable surface evolution during the drying of a polymer solution drop // Physical Review E. 2003. Vol. 68. 052801.