ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -1

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 1

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

AEROGOL SORBENTLARNING FIZIK-KIMYOVIY XUSUSIYATLARI VA ADSORBSION SAMARADORLIGI

Orolova Gulsevar Mengniqul qizi
Termiz davlat universiteti
E-mail: gulsevarorolova77@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada aerogel sorbentlarning fizik-kimyoviy xususiyatlari, nanog‘ovakli tuzilishi hamda adsorbsion samaradorligi tahlil qilingan. Aerogellar yuqori g‘ovaklilik, katta solishtirma sirt maydoni, past zichlik va yuqori adsorbsion faollikka ega innovatsion materiallar sifatida o‘rganildi. Tadqiqot davomida aerogellarning tarkibi, sirt xossalari, g‘ovak diametri va modifikatsiya jarayonlarining adsorbsiya samaradorligiga ta’siri ko‘rib chiqildi. Shuningdek, karbonat angidrid, organik ifloslantiruvchilar va og‘ir metall ionlarini adsorbsiyalashdagi samaradorligi baholandi. Olingan natijalar aerogel sorbentlarning ekologik texnologiyalar, gazlarni tozalash va suvni filtratsiyalash tizimlarida istiqbolli material ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: Aerogel sorbent, adsorbsiya, fizik-kimyoviy xususiyatlar, yuqori g‘ovaklilik, solishtirma sirt maydoni, nanostruktura, karbonat angidrid, modifikatsiya, ekologik texnologiyalar, adsorbsion samaradorlik.

Abstract. This article analyzes the physicochemical properties, nanoporous structure, and adsorption efficiency of aerogel sorbents. Aerogels were investigated as innovative materials characterized by high porosity, large specific surface area, low density, and high adsorption activity. The study examined the influence of composition, surface properties, pore diameter, and modification processes on adsorption efficiency. In addition, the adsorption performance of aerogels toward carbon dioxide, organic pollutants, and heavy metal ions was evaluated. The obtained results demonstrate that aerogel sorbents are promising materials for environmental technologies, gas purification, and water filtration systems.

Keywords: Aerogel sorbent, adsorption, physicochemical properties, high porosity, specific surface area, nanostructure, carbon dioxide, modification, environmental technologies, adsorption efficiency.

Аннотация. В данной статье рассмотрены физико-химические свойства, нанопористая структура и адсорбционная эффективность аэрогелевых сорбентов. Аэрогели исследованы как инновационные материалы, обладающие высокой пористостью, большой удельной поверхностью, низкой плотностью и высокой адсорбционной активностью. В ходе исследования изучено влияние состава, поверхностных свойств, диаметра пор и процессов модификации на эффективность адсорбции. Также оценена эффективность адсорбции углекислого газа, органических загрязнителей и

ISSN 3030-3907

ионов тяжёлых металлов. Полученные результаты показывают перспективность применения аэрогелевых сорбентов в экологических технологиях, системах очистки газов и фильтрации воды.

Ключевые слова: Аэрогелевый сорбент, адсорбция, физико-химические свойства, высокая пористость, удельная поверхность, наноструктура, углекислый газ, модификация, экологические технологии, адсорбционная эффективность.

KIRISH.

Aerogel sorbentlar zamonaviy nanostrukturali materiallar sinfiga kirib, o‘zining noyob fizik-kimyoviy xususiyatlari bilan boshqa an’anaviy sorbentlardan keskin farq qiladi. Ularning asosiy xususiyatlari yuqori g‘ovaklilik, katta solishtirma sirt maydoni, past zichlik, yuqori termik barqarorlik va rivojlangan nanog‘ovakli tuzilma bilan belgilanadi. Ushbu xossalar aerogellarni gazlar, jumladan karbonat angidrid, hamda suyuq muhitdagi ifloslantiruvchilarni samarali adsorbsiyalovchi material sifatida qo‘llash imkonini beradi.

Aerogellarning fizik xossalari ularning ichki tuzilishi bilan bevosita bog‘liqdir. Material hajmining 90–99% qismi g‘ovaklardan iborat bo‘lib, bu ularning juda yengil bo‘lishiga sabab bo‘ladi. Zichlik ko‘rsatkichlari 0,01–0,2 g/cm³ oralig‘ida bo‘lishi mumkin. Bunday past zichlik aerogellarni “qattiq tutun” deb ham atashga asos bo‘lgan. Shunga qaramay, ular yuqori mexanik va issiqlik barqarorligiga ega bo‘lishi mumkin, ayniqsa kompozit aerogellar shaklida.

Aerogel sorbentlarning eng muhim ko‘rsatkichlaridan biri bu solishtirma sirt maydonidir. Ko‘plab aerogellarda bu ko‘rsatkich 500–1200 m²/g, ayrim uglerod asosidagi aerogellarda esa 1500 m²/g dan ham yuqori bo‘lishi mumkin. Bu esa adsorbsiya jarayonlari uchun juda ko‘p faol markazlar mavjudligini anglatadi. Shu sababli aerogellar gaz molekulalarini, ayniqsa CO_2 ni samarali ushlab qolish xususiyatiga ega.

Aerogellarning g‘ovak tuzilishi ham ularning adsorbsion samaradorligida muhim rol o‘ynaydi. G‘ovaklar mikrog‘ovak, mezog‘ovak va makrog‘ovak turlarga bo‘linadi. Mikrog‘ovaklar (<2 nm) gaz molekulalarini ushlab qolishda asosiy rol o‘ynaydi, mezog‘ovaklar (2–50 nm) esa diffuziya jarayonini tezlashtiradi. Makrog‘ovaklar (>50 nm) esa moddaning material ichiga kirishini osonlashtiradi. Ushbu uch turdagi g‘ovaklarning muvozanati aerogelning umumiy adsorbsion samaradorligini belgilaydi.

Aerogellarni olishning asosiy usuli sol-gel texnologiyasi hisoblanadi. Bu jarayonda avval prekursor eritmasi tayyorlanadi, so‘ng gidroliz va kondensatsiya reaksiyalari natijasida uch o‘lchamli gel struktura hosil bo‘ladi. Keyinchalik erituvchi almashtiriladi va quritish bosqichi amalga oshiriladi. Aynan quritish

ISSN 3030-3907

jarayoni aerogelning yakuniy fizik-kimyoviy xususiyatlarini belgilovchi eng muhim bosqich hisoblanadi.

Quritish usuli aerogel strukturasiga bevosita ta'sir qiladi. Superkritik quritish usulida suyuqlik gazga o'tish chegarasisiz chiqarib yuboriladi, natijada kapillyar kuchlar hosil bo'lmaydi va nanog'ovakli tuzilma saqlanib qoladi. Muzlatib quritish (freeze-drying) usuli esa muz kristallari sublimatsiyasi orqali g'ovak tuzilmani hosil qiladi, biroq bu usulda g'ovaklarning notekisligi biroz yuqori bo'lishi mumkin.

Aerogel sorbentlarning kimyoviy xossalari ularning sirt funksional guruhlariga bog'liq. Silanol (-SiOH), amin ($-NH_2$), karboksil (-COOH) va gidrofob guruhlar aerogel sirtida turli adsorbsiya xususiyatlarini shakllantiradi. Ayniqsa amin modifikatsiyalangan aerogellar CO_2 bilan kimyoviy reaksiyaga kirishib, karbamat birikmalarini hosil qiladi. Bu esa ularning adsorbsiya sig'imini sezilarli darajada oshiradi.

Adsorbsiya jarayonining samaradorligi bir nechta omillarga bog'liq. Harorat, bosim, gaz konsentratsiyasi, namlik va sorbentning fizik tuzilishi asosiy omillar hisoblanadi. Past haroratda adsorbsiya kuchayadi, yuqori bosimda esa gaz molekulalarining sorbent yuzasiga to'qnashish ehtimoli ortadi. Namlik esa ayrim hollarda faol markazlarni bloklab, CO_2 adsorbsiyasini kamaytirishi mumkin.

Aerogellarning adsorbsion samaradorligi ularning regeneratsiya qobiliyati bilan ham bog'liq. Yaxshi sorbent bir necha sikl davomida o'z xususiyatlarini saqlab qolishi kerak. Biroq yuqori haroratli regeneratsiya jarayonlari ba'zan material strukturasini yemirishi mumkin. Shu sababli past energiya sarfi bilan regeneratsiya qilinadigan aerogellarni yaratish dolzarb vazifa hisoblanadi.So'nggi yillarda uglerod asosidagi aerogellar va nanokompozit materiallarga qiziqish ortib bormoqda. Grafen, uglerod nanotrubkalari va polimer matritsalari bilan mustahkamlangan aerogellar yuqori mexanik chidamlilik, elektr o'tkazuvchanlik va yaxshilangan adsorbsion xususiyatlarga ega. Bu ularning sanoat miqyosida qo'llanilish imkoniyatlarini kengaytiradi. Umuman olganda, aerogel sorbentlarning fizik-kimyoviy xususiyatlari va adsorbsion samaradorligi ularning nanostrukturasi, g'ovak tizimi, sirt kimyosi va modifikatsiya darajasiga bevosita bog'liqdir. Ushbu parametrlarni boshqarish orqali CO_2 ni samarali ushlab qoluvchi yuqori unumli sorbent materiallarni yaratish mumkin.

MUAMMOLAR VA ULARNING TAHLILI.

Aerogel sorbentlar yuqori adsorbsion samaradorlikka ega bo'lishiga qaramasdan, ularni sanoat miqyosida qo'llash va keng amaliyotga joriy etish jarayonida bir qator muammolar mavjud. Ushbu muammolar asosan texnologik, iqtisodiy, mexanik va ekspluatatsion omillar bilan bog'liq bo'lib, aerogellarning keng tarqalishini cheklovchi asosiy sabablar hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Eng muhim muammolardan biri aerogellarni sintez qilish texnologiyasining murakkabligidir. Sol-gel jarayoni bir necha bosqichlardan iborat bo‘lib, har bir bosqich aniq nazoratni talab etadi. Gidroliz va kondensatsiya reaksiyalarining noto‘g‘ri boshqarilishi natijasida g‘ovak tuzilma buzilishi yoki notekis shakllanishi mumkin. Bu esa aerogelning solishtirma sirt maydonini kamaytirib, adsorbsion samaradorlikni pasaytiradi.

Quritish bosqichi aerogel ishlab chiqarishdagi eng muammoli jarayonlardan biri hisoblanadi. Oddiy sharoitda quritish jarayonida kapillyar kuchlar g‘ovakli strukturaning yemirilishiga olib keladi. Shu sababli superkritik quritish usuli qo‘llaniladi, biroq bu usul yuqori bosim, murakkab uskunalar va katta energiya sarfini talab qiladi. Natijada aerogel ishlab chiqarish tannarxi sezilarli darajada oshadi.

Iqtisodiy jihatdan ham aerogel sorbentlar qimmat materiallar qatoriga kiradi. Prekursorlar, erituvchilar va modifikatorlarning yuqori narxi hamda murakkab texnologik jarayonlar ularning sanoat miqyosida keng qo‘llanishiga to‘sqinlik qiladi. Shu sababli arzon xomashyolar asosida aerogellar sintez qilish dolzarb ilmiy muammo hisoblanadi. Aerogellarning yana bir muhim kamchiligi ularning mexanik mo‘rtligidir. Yuqori g‘ovaklilik materialning zichligini kamaytiradi, biroq shu bilan birga mustahkamligini ham pasaytiradi. Natijada aerogellar tashqi bosim yoki zarba ta’sirida oson sinishi mumkin. Bu ularni transport qilish va uzoq muddatli ekspluatatsiyada qo‘llashni qiyinlashtiradi. Namlikka sezgirlik ham muhim muammolardan biridir. Ayrim aerogellar havodagi namlikni yutib, o‘zining g‘ovak tuzilishini qisman yo‘qotadi. Bu esa adsorbsion samaradorlikning pasayishiga olib keladi. Ayniqsa amin modifikatsiyalangan aerogellar nam muhitda barqarorligini yo‘qotishi mumkin. CO_2 adsorbsiyasi jarayonida selektivlik muammosi ham mavjud. Sanoat gazlari tarkibida CO_2 bilan birga suv bug‘i, azot, SO_2 va boshqa gazlar ham bo‘ladi. Ushbu komponentlar sorbent yuzasidagi faol markazlarni band qilib, karbonat angidridni yutish samaradorligini kamaytiradi. Shuningdek, aerogellarni regeneratsiya qilish jarayoni ham murakkab. Ko‘pincha yuqori harorat yoki vakuum talab qilinadi, bu esa energiya sarfini oshiradi. Takroriy regeneratsiya jarayonlari esa material strukturasining degradatsiyasiga olib kelishi mumkin.

XULOSA.

Aerogel sorbentlar karbonat angidridni yutish va gazlarni tozalash jarayonlarida yuqori samaradorlikka ega bo‘lgan istiqbolli nanomateriallar hisoblanadi. Ularning yuqori g‘ovakliligi, katta solishtirma sirt maydoni va rivojlangan nanostrukturasi CO_2 molekulalarini samarali adsorbsiyalash imkonini beradi. Ayniqsa kimyoviy modifikatsiyalangan aerogellar yuqori selektivlik va adsorbsion sig‘imga ega ekanligi bilan ajralib turadi. Maqolada aerogel

ISSN 3030-3907

sorbentlarning fizik-kimyoviy xususiyatlari, olish texnologiyasi va adsorbsion samaradorligiga ta'sir etuvchi omillar tahlil qilindi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, aerogellarning samaradorligi ularning g'ovak tuzilishi, sirt kimyosi va modifikatsiya darajasiga bevosita bog'liqdir. Shu bilan birga, aerogellarni keng qo'llashga to'sqinlik qiluvchi bir qator muammolar mavjud: ishlab chiqarishning murakkabligi, yuqori tannarx, mexanik mo'rtlik, namlikka sezgirlik va regeneratsiya jarayonining murakkabligi. Ushbu muammolarni bartaraf etish uchun kompozit materiallar yaratish, arzon xomashyolardan foydalanish va ekologik xavfsiz texnologiyalarni ishlab chiqish zarur.

Kelgusida aerogel sorbentlar asosida CO_2 ni ushlab qolish tizimlarini takomillashtirish, ularning chidamliligini oshirish va sanoat miqyosida qo'llash imkoniyatlarini kengaytirish muhim ilmiy yo'nalishlardan biri bo'lib qoladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kistler S. S. Coherent Expanded Aerogels and Jellies. Nature, 1931.
2. Aegerter M. A., Leventis N., Koebel M. Aerogels Handbook. Springer, 2011.
3. Pierre A. C., Pajonk G. M. Chemistry of Aerogels and Their Applications. Chemical Reviews, 2002.
4. Hüsing N., Schubert U. Aerogels – Airy Materials: Chemistry, Structure and Properties. Angewandte Chemie, 1998.
5. Fricke J. Aerogels and Their Applications. Journal of Non-Crystalline Solids, 1986.
6. Dorcheh A. S., Abbasi M. H. Silica Aerogel: Synthesis and Properties. Journal of Materials Processing Technology, 2008.
7. Smirnova I., Gurikov P. Aerogel Production and Applications. Journal of Supercritical Fluids, 2018.
8. Pekala R. W. Organic Aerogels. Journal of Materials Science, 1989.
9. Gupta P., Mehta R. Carbon Aerogels for Environmental Applications. Advanced Materials Research, 2015.
10. Ganesan K., Dennstedt A. CO_2 Adsorption on Modified Aerogels. Environmental Science & Technology, 2016.

ISSN 3030-3907