ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 4

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/3 VOLUME 4

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.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

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

UO‘K: 628.3:661.183

ED-20 EPOKSID SMOLASI BILAN MODIFIKATSIYALANGAN OLTINGUGURT–KUNGABOQAR YOG‘I ASOSIDAGI POLISULFIDLI KOMPOZIT SORBENTNING SINTEZI VA SORBSION XOSSALARI

Halimova Rayhon Amin qizi
Buxoro davlat universiteti

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot ishida neft-gaz sanoatining yo‘ldosh mahsuloti bo‘lgan elementar oltingugurt va kungaboqar yog‘idan teskari vulkanizatsiya usulida polisulfid matritsa olingan va u polietilenpoliamin bilan qotiriladigan ED-20 epoksid smolasi bilan modifikatsiyalangan. Smola miqdorining (0–20 mass.%) kompozit tuzilishi, mexanik mustahkamligi va Pb(II), Cu(II) ionlariga nisbatan sorbsion xossalariga ta’siri o‘rganilgan. Olingan natijalarga ko‘ra, ED-20 miqdori 20 mass.% gacha oshirilganda gel-fraksiya 68 % dan 91 % gacha ortib, erkin oltingugurt ulushi 2,4 marta kamaygan, siqilishdagi mustahkamlik esa 0,6 MPa dan 7,2 MPa gacha ko‘tarilgan. 10 mass.% ED-20 tutgan KS-10 namunasi eng yuqori sorbsion sig‘imni namoyon qilgan: Pb(II) bo‘yicha 41,7 mg/g, Cu(II) bo‘yicha 29,8 mg/g, bu modifikatsiyalanmagan namunanikidan qariyb 1,5 marta yuqori. Sorbsiya kinetikasi psevdo-ikkinchi tartibli modelga (R^2 = 0,999), muvozanati esa Lengmyur modeliga bo‘ysunadi (q_{max} = 52,0 mg/g). Taklif etilayotgan sorbent mahalliy xomashyo asosida arzon bo‘lib, og‘ir metall tutgan oqova suvlarni tozalashda qo‘llanish istiqboliga ega.

Kalit so‘zlar: oltingugurt, kungaboqar yog‘i, teskari vulkanizatsiya, polisulfid, ED-20 epoksid smolasi, kompozit sorbent, qo‘rg‘oshin, mis, sorbsiya kinetikasi, Lengmyur izotermasi.

Аннотация. В работе методом обратной вулканизации элементной серы – побочного продукта нефтегазовой отрасли – подсолнечным маслом получена полисульфидная матрица, модифицированная эпоксидной смолой ЭД-20, отверждаемой полиэтиленполиамином. Изучено влияние содержания смолы (0–20 мас.%) на структуру, механическую прочность и сорбционные свойства композита по ионам Pb(II) и Cu(II). При увеличении содержания ЭД-20 до 20 мас.% гель-фракция возрастает с 68 до 91 %, доля свободной серы снижается в 2,4 раза, а прочность при сжатии повышается с 0,6 до 7,2 МПа. Наибольшую сорбционную ёмкость показал образец КС-10 с 10 мас.% ЭД-20: 41,7 мг/г по Pb(II) и 29,8 мг/г по Cu(II), что примерно в 1,5 раза выше, чем у немодифицированного образца. Кинетика сорбции описывается моделью псевдовторого порядка (R^2 = 0,999), равновесие – моделью Ленгмюра (q_{max} = 52,0 мг/г). Сорбент на основе местного сырья является недорогим и перспективен для очистки сточных вод от тяжёлых металлов.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: сера, подсолнечное масло, обратная вулканизация, полисульфид, эпоксидная смола ЭД-20, композиционный сорбент, свинец, медь, кинетика сорбции, изотерма Ленгмюра.

Abstract. A polysulfide matrix was obtained by inverse vulcanization of elemental sulfur, a by-product of the oil and gas industry, with sunflower oil and was modified with ED-20 epoxy resin cured with polyethylenepolyamine. The effect of resin content (0–20 wt.%) on the structure, mechanical strength and sorption of Pb(II) and Cu(II) ions was studied. Increasing the ED-20 content to 20 wt.% raised the gel fraction from 68 to 91 %, reduced the free sulfur content 2.4-fold and increased the compressive strength from 0.6 to 7.2 MPa. Sample KS-10, containing 10 wt.% ED-20, showed the highest sorption capacity: 41.7 mg/g for Pb(II) and 29.8 mg/g for Cu(II), about 1.5 times higher than the unmodified sample. Sorption kinetics follow the pseudo-second-order model (R^2 = 0.999) and the equilibrium follows the Langmuir model (q_{max} = 52.0 mg/g). The sorbent is made from local raw materials, is inexpensive and is promising for removing heavy metals from wastewater.

Keywords: sulfur, sunflower oil, inverse vulcanization, polysulfide, ED-20 epoxy resin, composite sorbent, lead, copper, sorption kinetics, Langmuir isotherm.

KIRISH.

Neft va tabiiy gazni qayta ishlash jarayonida dunyo bo‘yicha har yili o‘n millionlab tonna elementar oltingugurt hosil bo‘ladi. Unga bo‘lgan talab cheklangani sababli katta qismi ochiq omborlarda saqlanib, atrof-muhit uchun qo‘shimcha yuk yaratadi. O‘zbekistonda ham oltingugurt asosan gazni qayta ishlash korxonalarida yirik hajmda olinadi. Shu bois uni yuqori qo‘shimcha qiymatli funksional materiallarga aylantirish dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi.

Ikkinchi tomondan, kon-metallurgiya va galvanik ishlab chiqarish korxonalarining oqova suvlari tarkibida qo‘rg‘oshin, mis kabi og‘ir metall ionlari mavjud bo‘lib, ular inson salomatligi va suv ekotizimlari uchun xavf tug‘diradi. Bunday suvlarni tozalashda ion almashinuvchi smolalar va faollashtirilgan ko‘mir keng qo‘llaniladi, biroq ularning tannarxi yuqori. Oltingugurt va o‘simlik yog‘idan olinadigan polisulfidlar esa arzon xomashyo asosida tayyorlanadi va oltingugurt atomlarining «yumshoq» metall ionlariga moyilligi tufayli ularni samarali bog‘laydi [1–3].

ISHNING MAQSADI – oltingugurt va kungaboqar yog‘i asosidagi polisulfid matritsani ED-20 epoksid smolasi bilan modifikatsiyalash orqali mexanik jihatdan barqaror, Pb(II) va Cu(II) ionlariga nisbatan yuqori sig‘imli

ISSN 3030-3907

kompozit sorbent olish hamda smola miqdorining material tuzilishi va sorbsion xossalariga ta’sirini aniqlash.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Teskari vulkanizatsiya usuli Chung va hammualliflari tomonidan taklif etilgan bo‘lib, unda suyuq oltingugurt to‘yinmagan organik monomer bilan katalizatorsiz va erituvchisiz sopolimerlanadi [4]. Jarayon S_8 halqasining taxminan 159 °C dan yuqorida gomolitik ochilishiga asoslanadi [5]. Keyingi yillarda bu usul uchun ko‘plab komonomerlar sinab ko‘rilgan va olingan materiallar optika, energetika va ekologiya sohalarida qo‘llanilgan [6, 7]. Wu va hammualliflari rux ditiokarbamatlari kabi katalizatorlar yordamida reaksiya haroratini pasaytirish va vodorod sulfid ajralishini kamaytirish mumkinligini ko‘rsatgan [8].

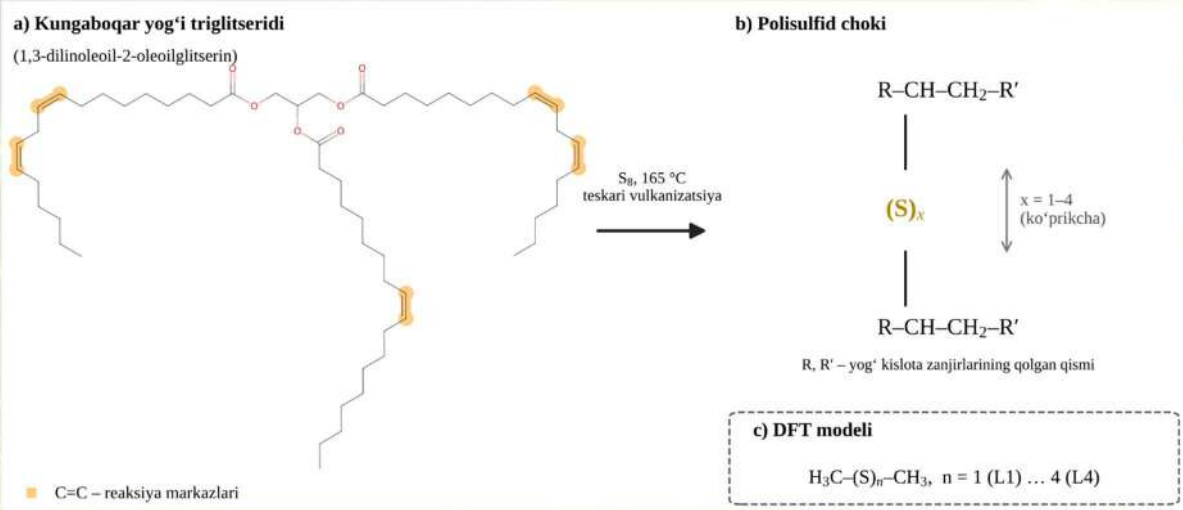
O‘simlik yog‘lari teskari vulkanizatsiya uchun ayniqsa qulay komonomerdir. Worthington va hammualliflari oltingugurt va ishlatilgan oshxona yog‘idan arzon simob sorbenti olgan [1]. Tikoalu va hammualliflari raps, kanakunjut va guruch kepagi yog‘lari asosida 50 mass.% oltingugurtli polisulfidlar sintez qilib, triglitserid tuzilishi simobni yutish tezligiga sezilarli ta’sir qilishini aniqlagan [9]. Chalker va hammualliflarining hamda Müller va hammualliflarining sharhlarida bunday polimerlarning turli metallarga nisbatan tanlovchanligi, qayta ishlatilishi va zaharliligi tahlil qilingan [2, 10].

Shu bilan birga, yog‘ asosidagi polisulfidlar yumshoq va mo‘rt bo‘lib, tarkibida reaksiyaga kirishmagan erkin oltingugurt qoladi, u esa vaqt o‘tishi bilan kristallanib, materialdan ajralib chiqadi [6, 10]. Bu kamchiliklar sorbentni kolonkali qurilmalarda va takroriy sikllarda ishlatishni cheklaydi. Adabiyotlarda polisulfid matritsani epoksid-amin to‘ri bilan mustahkamlash, ayniqsa mahalliy ishlab chiqariladigan ED-20 smolasi asosida, yetarlicha o‘rganilmagan.

METODOLOGIYA.

Ishda texnik elementar oltingugurt ($S \geq 99{,}9$ %), rafinatsiyalangan kungaboqar yog‘i (yod soni 125–135 g I_2/100 g), ED-20 epoksid smolasi (epoksid guruhlari 20,0–22,5 %) va qotiruvchi sifatida polietilenpoliamin (PEPA) ishlatildi. Kungaboqar yog‘ining asosiy qismini linol (C18:2, 48,3–74,0 %) va olein (C18:1, 14,0–39,4 %) kislotalarining triglitseridlari tashkil etadi [11]; ulardagi C=C bog‘lar oltingugurt bilan reaksiya markazlari bo‘lib xizmat qiladi (1-rasm).

ISSN 3030-3907



1-rasm. Oltingugurt–kungaboqar yog‘i sopolimerining hosil bo‘lish sxemasi: a) kungaboqar yog‘ining asosiy triglitseridi, C=C reaksiya markazlari ajratib ko‘rsatilgan; b) triglitserid zanjirlari orasidagi polisulfid choki; c) polisulfid ko‘prikchasining modeli.

Sintez ikki bosqichda olib borildi. Birinchi bosqichda oltingugurt aralashtirgich va termojuft bilan jihozlangan reaktorda 165 ± 5 °C da suyuqlantirildi, unga kungaboqar yog‘i tomchilatib qo‘shildi va aralashma bir jinsli to‘q jigarrang massa hosil bo‘lguncha 40 daqiqa aralashtirildi. Ikkinchi bosqichda massa 90 °C gacha sovutilib, unga ED-20 va PEPA aralashmasi (100 : 13 mass. q.) kiritildi, so‘ngra namuna 80 °C da 3 soat qotirildi. Barcha namunalarda oltingugurt ulushi 50 mass.% da saqlanib, ED-20 miqdori yog‘ hisobiga 0–20 mass.% oralig‘ida o‘zgartirildi (1-jadval). Olingan kompozit maydalanib, 0,5–1,0 mm li fraksiya ajratildi.

1-jadval.

Kompozit sorbentlarning tarkibi

Namuna	Oltingugurt, mass.%	Kungaboqar yog‘i, mass.%	ED-20, mass.%	PEPA, ED-20 ga nisbatan, %
KS-0	50	50	0	–
KS-5	50	45	5	13
KS-10	50	40	10	13
KS-15	50	35	15	13
KS-20	50	30	20	13

Erkin oltingugurt miqdori CS_2 bilan, gel-fraksiya toluol bilan Sokslet apparatida 24 soat ekstraksiya qilish orqali aniqlandi. Siqilishdagi mustahkamlik 10 × 10 × 10 mm o‘lchamli kubsimon namunalarda aniqlandi. IQ-spektrlar MIRacle 10 buzilgan to‘liq ichki aks ettirish pristavkasi (olmos/ZnSe kristall)

ISSN 3030-3907

yordamida 4000–600 sm^{-1} oralig‘ida, termogravimetrik tahlil esa havo muhitida 10 °C/min tezlikda o‘tkazildi.

Sorbsiya statik sharoitda o‘rganildi: 0,1 g sorbent, 50 ml $Pb(NO_3)_2$ yoki $CuSO_4$ eritmasi, pH 5,5, 25 °C, aralashtirish tezligi 150 ayl/min. Kinetik tajribalarda C_0 = 100 mg/l, izotermalarni olishda C_0 = 25–300 mg/l tanlandi. Ionlar konsentratsiyasi atom-absorbsion usulda aniqlandi. Sorbsion sig‘im quyidagi ifoda bo‘yicha hisoblandi:

$$q_e = (C_0 - C_e)\cdot V/m$$

bu yerda C_0 va C_e – boshlang‘ich va muvozanat konsentratsiyalar (mg/l), V – eritma hajmi (l), m – sorbent massasi (g). Kinetik ma’lumotlar psevdo-birinchi [12] va psevdo-ikkinchi tartibli [13] tenglamalar, muvozanat ma’lumotlari esa Lengmyur [14] va Freyndlix [15] tenglamalari bo‘yicha nochiziqli regressiya usulida tahlil qilindi:

$$q_t = q_e[1 - \exp(-k_1 t)]; \quad q_t = k_2 q_e^2 t/(1 + k_2 q_e t)$$

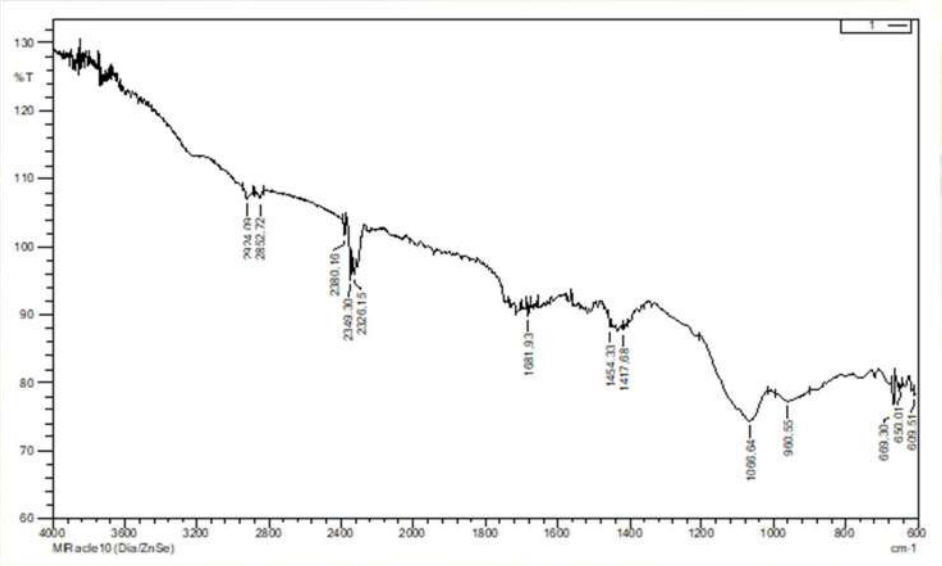
$$q_e = q_{max} K_L C_e/(1 + K_L C_e); \quad q_e = K_F C_e^{1/n}; \quad R_L = 1/(1 + K_L C_0)$$

bu yerda k_1 va k_2 – tezlik konstantalari, q_{max} – monomolekulyar sig‘im, K_L va K_F – Lengmyur va Freyndlix konstantalari, R_L – ajralish koeffitsiyenti [16].

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

KS-10 namunasining IQ-spektri 2-rasmda, chiziqlarning tavsifi 2-jadvalda keltirilgan [17]. Kungaboqar yog‘idagi sis-=C–H guruhiga xos 3010 sm^{-1} atrofidagi chiziqning kuzatilmasligi qo‘sh bog‘larning oltingugurt bilan reaksiyaga kirishganini ko‘rsatadi. 669, 630 va 609 sm^{-1} dagi chiziqlar teskari vulkanizatsiya natijasida hosil bo‘lgan C–S bog‘lariga tegishli. Epoksid halqasiga xos 915 sm^{-1} dagi chiziqning yo‘qligi ED-20 ning to‘liq qotganini, 1066 sm^{-1} dagi intensiv keng chiziq esa epoksid halqasi aminlar bilan ochilganda hosil bo‘ladigan C–O bog‘larini tasdiqlaydi. 960 sm^{-1} dagi kuchsiz chiziq qizdirish jarayonida izomerlangan trans-CH=CH– guruhlariga tegishli bo‘lishi mumkin, bu esa C=C bog‘larning bir qismi reaksiyaga kirishmay qolganini ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. KS-10 kompozit sorbentining IQ-spektri

2-jadval.

KS-10 namunasi IQ-spektridagi asosiy chiziqlarning tavsifi

To‘lqin soni, sm^{-1}	Tebranish turi va guruh
2924, 2852	ν_{as} va $\nu_s(CH_2)$ – yog‘ kislota zanjirlari
2380–2326	atmosfera CO_2 (namunaga tegishli emas)
1682	ν(C=O) va δ(N–H) – karbonil guruhlari va qotiruvchi
1454, 1417	$\delta(CH_2)$; 1417 sm^{-1} – –CH_2–S– fragmenti
1066	ν(C–O) – qotgan epoksid to‘ridagi spirt va efir guruhlari; S=O hissasi ehtimoliy
960	δ(=C–H) trans-CH=CH– (ehtimoliy)
669, 630, 609	ν(C–S) – polisulfid ko‘prikchalari

Termogravimetrik tahlil ma’lumotlariga ko‘ra, 5 % massa yo‘qotish harorati KS-0 namunada 218 °C, KS-10 namunada esa 236 °C ni tashkil etdi, ya’ni epoksid to‘ri kompozitning termik barqarorligini oshiradi.

Kompozitlarning fizik-kimyoviy xossalari 3-jadvalda keltirilgan. ED-20 miqdori 20 mass.% gacha oshirilganda gel-fraksiya 68 % dan 91 % gacha ortdi, erkin oltingugurt ulushi 2,4 marta kamaydi, siqilishdagi mustahkamlik esa 12 marta oshdi. Bu natija epoksid-amin to‘rining polisulfid zanjirlar bilan o‘zaro kirib boruvchi tuzilma hosil qilishi va erkin oltingugurtni matritsa ichida tutib qolishi bilan izohlanadi.

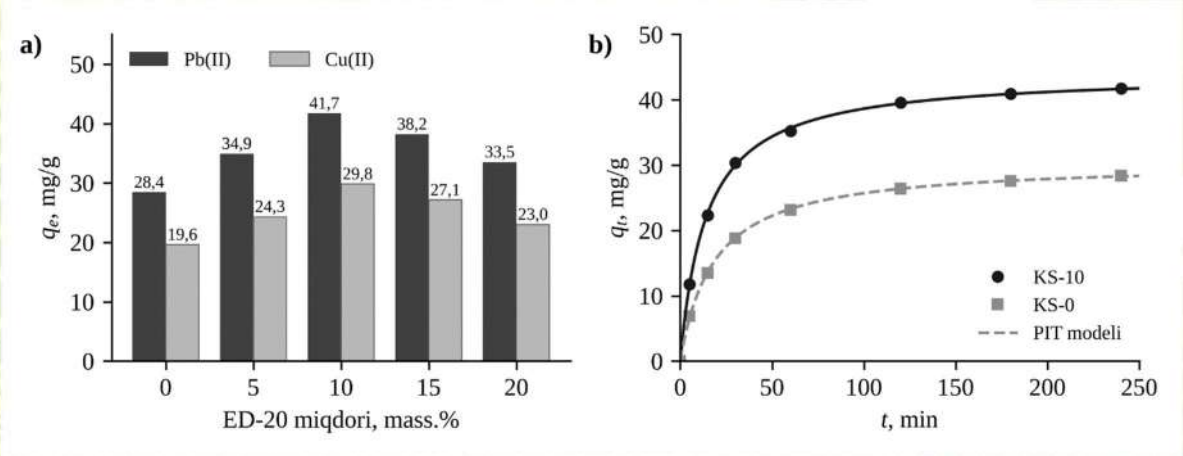
ISSN 3030-3907

3-jadval.

Kompozit sorbentlarning fizik-kimyoviy xossalari

Namuna	Gel-fraksiya, %	Erkin S, %	Siqilishdagi mustahkamlik, MPa	To‘kma zichlik, g/sm^3
KS-0	68	9,8	0,6	1,18
KS-5	76	7,1	1,9	1,20
KS-10	84	5,2	3,8	1,22
KS-15	88	4,6	5,6	1,24
KS-20	91	4,1	7,2	1,26

ED-20 miqdorining sorbsion sig‘imga ta’siri ekstremal xarakterga ega (3a-rasm). Smola ulushi 10 mass.% gacha ortganda sig‘im oshib, KS-10 namunada Pb(II) bo‘yicha 41,7 mg/g, Cu(II) bo‘yicha 29,8 mg/g ga yetadi, bu KS-0 namunanikidan qariyb 1,5 marta yuqori. Qotgan smoladagi amin va gidroksil guruhlari oltingugurt markazlariga qo‘shimcha ravishda ionlar bilan koordinatsion bog‘ hosil qiladi. Smola ulushi 10 % dan oshganda esa zich epoksid to‘ri polisulfid S–S fragmentlarini qoplab, ularning ionlar uchun ochiqligini kamaytiradi. Barcha namunalarda Pb(II) ning Cu(II) ga nisbatan ko‘proq yutilishi Pirsonning «qattiq va yumshoq kislota va asoslar» nazariyasiga mos keladi: qutblanuvchanligi yuqoriroq Pb(II) ioni «yumshoq» oltingugurt atomlari bilan kuchliroq bog‘lanadi [3].



3-rasm. ED-20 miqdorining Pb(II) va Cu(II) bo‘yicha muvozanat sorbsion sig‘imga ta’siri (a) hamda KS-0 va KS-10 namunalarida Pb(II) sorbsiyasi kinetikasi (b); chiziqlar – psevdo-ikkinchi tartibli (PIT) model

Sorbsiya dastlabki 30 daqiqada jadal kechib, muvozanat 180 daqiqada qaror topadi (3b-rasm). Kinetik parametrlar 4-jadvalda keltirilgan. Har ikkala namuna uchun psevdo-ikkinchi tartibli model yuqoriroq determinatsiya koeffitsiyentiga ega (R^2 = 0,999), hisoblangan sig‘im esa tajribaviy qiymatlarga yaqin. Bu sorbsiya

ISSN 3030-3907

tezligini sorbent va ion orasidagi kimyoviy o‘zaro ta’sir cheklashini ko‘rsatadi [13]. KS-10 da boshlang‘ich sorbsiya tezligi ($h = k_2 q_e^2$) KS-0 nikiga nisbatan 1,9 marta yuqori, yarim muvozanatga erishish vaqti esa 18,4 daqiqadan 14,2 daqiqagacha qisqaradi.

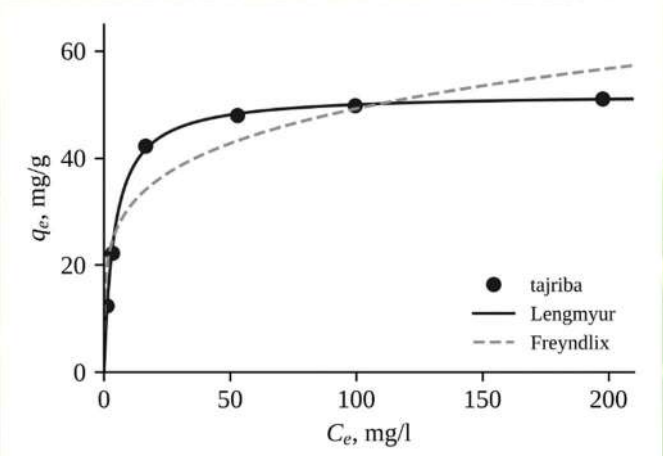
4-jadval.

Pb(II) sorbsiyasining kinetik parametrlari (C_0 = 100 mg/l, pH 5,5, 25 °C)

Namuna	$q_e^{taj.}$, mg/g	q_e^{PBT}, mg/g	$k_1 \cdot 10^2$, min^{-1}	q_e^{PIT}, mg/g	$k_2 \cdot 10^3$, g/(mg·min)	R^2 (PBT / PIT)
KS-0	28,4	27,1	4,19	30,4	1,78	0,975 / 0,999
KS-10	41,7	39,9	5,22	44,1	1,60	0,971 / 0,999

PBT – psevdo-birinchi tartibli, PIT – psevdo-ikkinchi tartibli model.

KS-10 namunasida Pb(II) sorbsiyasi izotermasi (4-rasm) Lengmyur tenglamasi bilan Freyndlix tenglamasiga nisbatan ancha yaxshi tavsiflanadi (5-jadval). Bu ionlarning sorbent sirtidagi energetik jihatdan bir xil markazlarda monomolekulyar qatlam hosil qilib yutilishidan dalolat beradi [14]. Lengmyur modeli bo‘yicha maksimal sig‘im 52,0 mg/g ni tashkil etdi. Ajralish koeffitsiyenti R_L ning qiymati o‘rganilgan konsentratsiyalar oralig‘ida 0,014–0,142 bo‘lib, $0 < R_L < 1$ shartini qanoatlantiradi, ya’ni sorbsiya jarayoni qulay kechadi [16].



4-rasm. KS-10 namunasida Pb(II) sorbsiyasi izotermasi (T = 25 °C, pH 5,5)

5-jadval.

KS-10 namunasida Pb(II) sorbsiyasi izotermasining parametrlari

Model	Parametrlar	R^2
Lengmyur	q_{max} = 52,0 mg/g; K_L = 0,241 l/mg	0,999
Freyndlix	K_F = 19,2 (mg/g)(l/mg)$^{1/n}$; n = 4,89	0,862

ISSN 3030-3907

Freyndlix tenglamasidagi $n > 1$ qiymati ham sorbsiyaning qulay kechishini tasdiqlaydi. Olingan natijalar ED-20 bilan modifikatsiyalash bir vaqtning o‘zida sorbentning mexanik mustahkamligini, termik barqarorligini va sorbsion sig‘imini oshirishini ko‘rsatadi. Bu esa kompozitni kolonkali filtrlarda qo‘llash imkonini beradi.

XULOSA.

Oltingugurt va kungaboqar yog‘idan 165 °C da teskari vulkanizatsiya usulida polisulfid matritsa olindi va u ED-20 epoksid smolasi bilan modifikatsiyalandi; IQ-spektroskopiya ma’lumotlari C–S bog‘larining hosil bo‘lganini va epoksid halqasining to‘liq ochilganini tasdiqladi. ED-20 miqdorini 20 mass.% gacha oshirish gel-fraksiyani 91 % gacha ko‘tarib, erkin oltingugurt ulushini 2,4 marta kamaytiradi va mustahkamlikni 12 marta oshiradi. Eng yuqori sorbsion ko‘rsatkichlar KS-10 namunasida qayd etildi: Pb(II) bo‘yicha 41,7 mg/g, Cu(II) bo‘yicha 29,8 mg/g. Sorbsiya psevdo-ikkinchi tartibli kinetik modelga va Lengmyur izotermasiga bo‘ysunadi, Pb(II) bo‘yicha maksimal sig‘im 52,0 mg/g ni tashkil etadi. Olingan kompozit sorbentlar sanoat chiqindisi va mahalliy o‘simlik xomashyosi asosida tayyorlanganligi sababli arzon bo‘lib, kon-metallurgiya korxonalarining og‘ir metall ionlari tutgan oqova suvlarini tozalashda qo‘llanish istiqboliga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Worthington M.J.H., Kucera R.L., Albuquerque I.S. et al. Laying waste to mercury: inexpensive sorbents made from sulfur and recycled cooking oils // Chemistry – A European Journal. – 2017. – Vol. 23. – P. 16219–16230.
2. Chalker J.M., Mann M., Worthington M.J.H., Esdaile L.J. Polymers made by inverse vulcanization for use as mercury sorbents // Organic Materials. – 2021. – Vol. 3, № 2. – P. 362–373.
3. Pearson R.G. Hard and soft acids and bases // Journal of the American Chemical Society. – 1963. – Vol. 85. – P. 3533–3539.
4. Chung W.J., Griebel J.J., Kim E.T. et al. The use of elemental sulfur as an alternative feedstock for polymeric materials // Nature Chemistry. – 2013. – Vol. 5. – P. 518–524.
5. Tobolsky A.V., Eisenberg A. Equilibrium polymerization of sulfur // Journal of the American Chemical Society. – 1959. – Vol. 81. – P. 780–782.
7. Zhang Y., Glass R.S., Char K., Pyun J. Recent advances in the polymerization of elemental sulphur, inverse vulcanization and methods to obtain functional chalcogenide hybrid inorganic/organic polymers (CHIPs) // Polymer Chemistry. – 2019. – Vol. 10. – P. 4078–4105.

ISSN 3030-3907

8. Griebel J.J., Glass R.S., Char K., Pyun J. Polymerizations with elemental sulfur: a novel route to high sulfur content polymers for sustainability, energy and defense // Progress in Polymer Science. – 2016. – Vol. 58. – P. 90–125.
9. Wu X., Smith J.A., Petcher S. et al. Catalytic inverse vulcanization // Nature Communications. – 2019. – Vol. 10. – Art. 647.
10. Tikoalu A.D., Lundquist N.A., Chalker J.M. Mercury sorbents made by inverse vulcanization of sustainable triglycerides: the plant oil structure influences the rate of mercury removal from water // Advanced Sustainable Systems. – 2020. – Vol. 4. – Art. 1900111.
11. Müller F.G., Lisboa L.S., Chalker J.M. Inverse vulcanized polymers for sustainable metal remediation // Advanced Sustainable Systems. – 2023. – Vol. 7. – Art. 2300010.
12. CODEX STAN 210-1999. Codex standard for named vegetable oils. – Rome: FAO/WHO Codex Alimentarius Commission, 1999.
13. Lagergren S. Zur Theorie der sogenannten Adsorption gelöster Stoffe // Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar. – 1898. – Vol. 24, № 4. – P. 1–39.
14. Ho Y.S., McKay G. Pseudo-second order model for sorption processes // Process Biochemistry. – 1999. – Vol. 34. – P. 451–465.
15. Langmuir I. The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum // Journal of the American Chemical Society. – 1918. – Vol. 40. – P. 1361–1403.
16. Назаров С.И., Ортиков Ш.Ш., Назаров Ж.И. Синтез и исследование физико-механических свойств эпоксидно-полисульфидных композиционных материалов // Universum: технические науки. 2025. №10 (139).
17. Назаров С.И., Раззаков Х.К., Назаров Н. И. Синтез и физико-химическое исследование гидрофобного корозионностойкого полисульфидного покрытия на основе полисульфида натрия, эпоксидной смолы ЭД-20 и 1,2,2,3-тетрахлорпропана. Universum: технические науки, 7 (10 (139)), 11-16.

ISSN 3030-3907