

OQAVA SUVDAGI NEFT MAHSULOTLARINING SORBENTGA DINAMIK  
SORBSIYASINI TADQIQ ETISH

Nurnazarova Gulhayo Uktamovna<sup>1</sup>, To‘xtayev Feruz Sadulloyevich<sup>2</sup>, Negmatova Komila  
Soyibjonovna<sup>3</sup>

<sup>1</sup>O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Navoiy bo‘limi;

<sup>2</sup>Navoiy davla universiteti;

<sup>3</sup>Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti “Fan va taraqqiyot” davlat  
muassasasi.

**Annotatsiya.** Mazkur maqolada neft mahsulotlari bilan ifloslangan oqava suvlarni tozalash uchun mahalliy lignotsellyuloza xomashyolari asosida olingan kompozitsion sorbentlarning dinamik sorbsiya xossalari tadqiq qilingan. Tadqiqotlar kolonka usulida olib borilib, YP:KOH–10, AD:KOH–10 va YAD:KOH–10 sorbentlarining neft mahsulotlarini adsorbtsiya qilish samaradorligi, sorbsiya sig‘imi va regeneratsiya xususiyatlari o‘rganildi. Dinamik sorbsiya jarayonida vaqt o‘tishi bilan sorbentlarning adsorbtsion faolligi va chiqish konsentratsiyasining o‘zgarishi tahlil qilindi. Olingan natijalar asosida YAD:KOH–10 sorbenti eng yuqori sorbsiya sig‘imi va adsorbtsion samaradorlikka ega ekanligi aniqlandi. Tadqiqot natijalari lignotsellyuloza asosidagi kompozitsion sorbentlarning oqava suvlarni neft mahsulotlaridan tozalashda istiqbolli adsorbent material ekanligini ko‘rsatdi.

**Kalit so‘zlar:** dinamik sorbsiya, kompozitsion sorbent, lignotsellyuloza, neft mahsulotlari, oqava suv, adsorbtsiya, sorbsiya sig‘imi, regeneratsiya, kolonka usuli, KOH bilan aktivlashtirish.

**Kirish.** Neft mahsulotlari bilan ifloslangan oqava suvlar sanoat ekologiyasining eng dolzarb muammolaridan biri hisoblanib, ularning suv havzalariga tushishi gidrobiontlar hayot faoliyatining buzilishiga, suv muhitida kislorod almashinuvining cheklanishiga hamda ekologik muvozanatning izdan chiqishiga olib keladi. Ayniqsa, neft-gaz, kimyo va energetika sanoati korxonalarida hosil bo‘ladigan oqava suvlar tarkibida neft mahsulotlarining yuqori konsentratsiyada mavjudligi ularni samarali tozalashning yangi texnologik yechimlarini ishlab chiqishni talab etmoqda. Shu nuqtai nazardan, yuqori sorbsiya sig‘imiga ega, regeneratsiyalanadigan hamda iqtisodiy va ekologik jihatdan maqbul sorbent materiallarni yaratish va ularning real texnologik sharoitdagi adsorbtsion xususiyatlarini tadqiq etish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

So‘nggi yillarda lignotsellyuloza asosidagi kompozitsion sorbentlar rivojlangan g‘ovak tuzilishi, katta solishtirma sirt maydoni va yuqori adsorbtsion faolligi sababli neft mahsulotlarini oqava suvlardan ajratishda istiqbolli materiallar sifatida keng tadqiq qilinmoqda. Biroq sorbentlarning amaliy samaradorligini baholashda statik adsorbtsiya jarayonlari bilan bir qatorda dinamik sorbsiya jarayonlarini ham chuqur o‘rganish zarur hisoblanadi. Chunki dinamik sorbsiya real texnologik sharoitlarda sorbent qatlamining ishlash samaradorligi, massa almashinish jarayonlari, sorbsiya sig‘imi va sorbentning to‘yinish kinetikasini baholash imkonini beradi. Mazkur tadqiqotda mahalliy lignotsellyuloza xomashyolari asosida olingan YP:KOH–10, AD:KOH–10 va YAD:KOH–10 kompozitsion sorbentlarining neft mahsulotlariga nisbatan dinamik sorbsiya xossalari kolonka usulida o‘rganildi hamda sorbentlarning adsorbtsion samaradorligi, sorbsiya sig‘imi va regeneratsiya

imkoniyatlari ilmiy asosda tahlil qilindi.

**Materiallar va usullar.** Tadqiqot ishida mahalliy lignotsellyuloza xomashyolari asosida olingan YP:KOH-10, AD:KOH-10 va YAD:KOH-10 kompozitsion sorbentlaridan foydalanildi. Sorbentlar yeryong'oq po'chog'i (YP), daraxt qipidlari (AD) hamda ularning kompozitsiyasi asosida tayyorlanib, kimyoviy faollashtiruvchi reagent sifatida kaliy gidroksid (KOH) qo'llanildi. Olingan sorbentlar quritilib, maydalandi va granulalar o'lchami 1 mm diapazonda saralab olindi. Sorbentlarni tayyorlash va fizik-kimyoviy tavsiflash jarayonlari adsorbent materiallarni sinash bo'yicha amaldagi standart metodikalarga muvofiq olib borildi. Tadqiqot obyekti sifatida tarkibida neft mahsulotlari mavjud model oqava suv eritmaları ishlatildi. Eritmalarning boshlang'ich konsentratsiyasi  $C_0 = 100$  mg/L qilib tayyorlandi hamda tajribalar pH = 6 muhitda olib borildi. Oqartirilayotgan suv tarkibidagi neft mahsulotlari miqdori GOST 17.1.4.01-80 va GOST 31957-2012 standart metodikalari asosida aniqlandi.

Dinamik sorbsiya jarayoni laboratoriya kolonkali qurilmasida amalga oshirildi. Tajriba kolonkasining diametri 2 sm, balandligi 100 sm bo'lib, sorbent qatlami qalinligi 10 sm qilib joylashtirildi. Tajribada sorbent massasi 5 g, eritma hajmi 500 ml etib tanlandi. Oqartirilayotgan eritma kolonkadan 1 ml/min tezlikda o'tkazildi va ma'lum vaqt oralig'ida chiqish eritmasidan namunalar olinib, neft mahsulotlari konsentratsiyasi aniqlandi. Eritmaning pH qiymati GOST 33045-2014 talablariga muvofiq pH-metr yordamida nazorat qilindi. Dinamik sorbsiya jarayonini baholash uchun nisbiy konsentratsiya ( $C_t/C_0$ ), adsorbsiyalangan modda miqdori ( $C_a$ ) hamda sorbsiya sig'imi ( $q$ , mg/g) hisoblandi. Sorbentlarning regeneratsiya xossalarini aniqlash maqsadida desorbsiya tajribalari ham o'tkazildi va sorbentlarning qayta foydalanish samaradorligi tahlil qilindi. Tajriba natijalarini statistik qayta ishlash matematik-statistik usullar asosida bajarildi hamda o'rtacha qiymatlar uch martalik takroriy tajribalar natijasida aniqlandi.

**Natijalar va ularning tahlili.** Dinamik sorbsiya jarayonlari oqava suvlarni adsorbsiya usulida tozalash texnologiyalarining eng muhim bosqichlaridan biri hisoblanadi. Statik sorbsiya usullaridan farqli ravishda, dinamik sorbsiya jarayonida eritma sorbent qatlami orqali uzluksiz ravishda o'tkaziladi va bu holat real sanoat texnologik sharoitlariga maksimal darajada yaqin hisoblanadi. Shu sababli dinamik sorbsiya tadqiqotlari sorbentlarning amaliy samaradorligini, ularning massa almashinish xususiyatlarini, adsorbsion markazlarning faolligini va sorbentning to'yinish kinetikasini baholash imkonini beradi. Mazkur tadqiqotda mahalliy lignotsellyuloza xomashyolari asosida tayyorlangan va KOH bilan aktivlashtirilgan YP:KOH-10, AD:KOH-10 hamda YAD:KOH-10 kompozitsion sorbentlarining neft mahsulotlarini dinamik sharoitda adsorbsiyalash xossalari o'rganildi.

Dinamik sorbsiya tajribalari laboratoriya kolonkali qurilmasida olib borildi. Tajriba kolonkasining diametri 2 sm, umumiy balandligi 100 sm bo'lib, sorbent qatlami balandligi 10 sm qilib joylashtirildi. Sorbent sifatida granulalar o'lchami 1 mm bo'lgan kompozitsion materiallardan foydalanildi. Har bir tajribada sorbent massasi 5 g qilib olindi. Oqartirilayotgan model eritma tarkibidagi neft mahsulotlarining boshlang'ich konsentratsiyasi  $C_0 = 100$  mg/L etib tayyorlandi. Eritma hajmi 500 ml, muhit reaksiyasi esa pH = 6 sharoitda saqlandi. Eritma kolonkadan 1 ml/min tezlikda o'tkazildi va ma'lum vaqt oralig'ida chiqish eritmasidan namunalar olinib, neft mahsulotlari konsentratsiyasi aniqlab borildi. Oqartirilayotgan eritmadagi neft mahsulotlari miqdori standart ekstraksiya-fotometrik usullar asosida aniqlandi.

Dinamik sorbsiya jarayonining samaradorligini baholash uchun nisbiy konsentratsiya ( $C_t/C_0$ ),

adsorbsiyalangan modda miqdori ( $C_a$ ), sorbsiya sig'imi ( $q$ ) hamda sorbsiya darajasi (%) kabi asosiy parametrlar hisoblandi. Nisbiy konsentratsiya sorbent qatlamidan o'tgan eritmaning tozalash samaradorligini ifodalovchi muhim parametr bo'lib, quyidagi tenglama orqali hisoblandi:



**1-rasm. Dinamik sorbsiya qurilmasining sxemasi**

Olingan natijalar dinamik sorbsiya hisoblash formulalari orqali hisoblandi. Dinamik sorbsiya jarayonini baholash uchun quyidagi ko'rsatkichlar hisoblandi.

Nisbiy konsentratsiya  $C_t/C_0$

bu yerda:

$C_0$  — boshlang'ich konsentratsiya (mg/l)

$C_t$  — chiqish konsentratsiyasi (mg/l)

Sorbentga adsorbsiyalangan modda miqdori quyidagi tenglama orqali aniqlandi.

$$C_a = (C_0 - C_t) \cdot V$$

(1)

bu yerda:

$V$  — eritma hajmi (l)

$C_0=100$  mg/L

$C_t=6$  mg/L

$V=0.5$  L

$m=5$  g

Adsorbsiyalangan modda miqdori:

$$C_a=(100-6) \times 0.5=47\text{mg}$$

Bundan tashqari sorbentning sorbsiya sig'imi ham aniqlandi, quyidagi ifoda orqali hisoblab topildi.

$$q = \frac{(C_0 - C_t)V}{m}$$

(2)

bu yerda:

$m$  — sorbent massasi (g)

$$q = \frac{(100-6) \times 0.5}{5} = 9.4 \text{ mg/g}$$

Sorbsiya darajasi esa quyidagi ifoda asosida aniqlandi:

$$S = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100$$

$$S = \frac{100-6}{100} \times 100 = 94\%$$

Dinamik sorbsiya tajribasi bo'yicha olingan natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

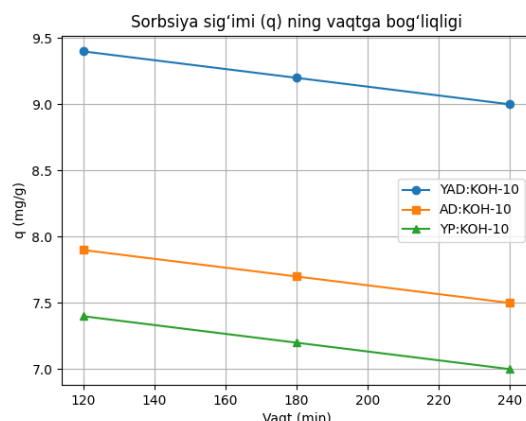
Kolonkadan o'tkazilgan eritmaning dinamik sorbsiya tajribasi natijalari

Namuna	t (min)	$C_t$ (mg/l)	$C_t/C_0$	$C_a$ (mg)	Sorbsiya darajasi, (%)	q (mg/g)
YAD:KOH-10	120	6	0,06	47	94	9.4
YAD:KOH-10	180	8	0,08	46	92	9.2
YAD:KOH-10	240	10	0,10	45	90	9.0
AD:KOH-10	120	21	0,21	39.5	79	7.9
AD:KOH-10	180	23	0,23	38.5	77	7.7
AD:KOH-10	240	25	0,25	37.5	75	7.5
YP:KOH-10	120	26	0,26	37	74	7.4
YP:KOH-10	180	28	0,28	36	72	7.2
YP:KOH-10	240	30	0,30	35	70	7.0

Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, barcha sorbentlarda tajriba davomiyligi ortishi bilan chiqish eritmasidagi neft mahsulotlari konsentratsiyasi ortib borgan. Bu holat sorbent yuzasidagi faol adsorbsion markazlarning asta-sekin to'yinishi bilan izohlanadi. Sorbentning faol markazlari neft molekullari bilan band bo'lib borgan sari massa almashinish tezligi kamayadi va natijada chiqish eritmasidagi konsentratsiya ortadi.  $C_t/C_0$  nisbatining vaqt bo'yicha ortishi sorbentning dinamik to'yinish jarayonini tavsiflaydi.

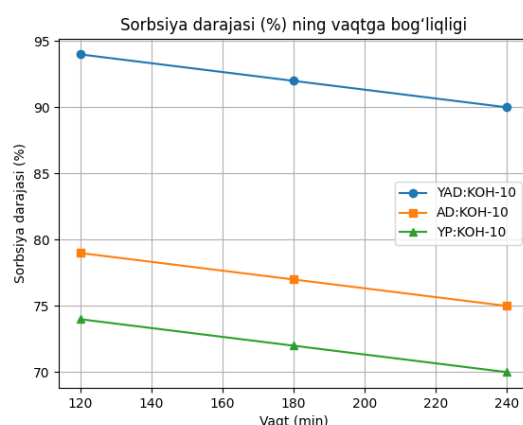
Sorbentlar orasida eng yuqori adsorbsion samaradorlik YAD:KOH-10 namunasi uchun kuzatildi. Ushbu sorbent uchun chiqish konsentratsiyasi 6–10 mg/L oralig'ida bo'lib, sorbsiya sig'imi 9.4–9.0 mg/g ni tashkil etdi. Yuqori adsorbsion samaradorlik YAD:KOH-10 sorbentining rivojlangan g'ovak strukturasi, katta solishtirma sirt maydoniga va KOH bilan aktivlashtirish natijasida hosil bo'lgan qo'shimcha aktiv markazlarga bog'liq. Kimyoviy aktivlashtirish natijasida sorbent yuzasida mikro va mezog'ovaklar soni ortadi, bu esa neft mahsulotlari molekullarining sorbent yuzasiga diffuziyalanishini osonlashtiradi.

AD:KOH-10 sorbenti uchun chiqish konsentratsiyasi 21–25 mg/L oralig'ida bo'lib, sorbsiya sig'imi 7.9–7.5 mg/g ni tashkil etdi. Ushbu sorbentning adsorbsion samaradorligi YAD:KOH-10 ga nisbatan past bo'lsa-da, barqaror sorbsiya ko'rsatkichlariga ega ekanligi aniqlandi. YP:KOH-10 sorbentida esa adsorbsion faollik nisbatan pastroq kuzatildi. Mazkur sorbent uchun chiqish konsentratsiyasi 26–30 mg/L, sorbsiya sig'imi esa 7.4–7.0 mg/g diapazonda bo'ldi. Bu holat YP:KOH-10 sorbentining g'ovak tuzilmasi va aktiv markazlari sonining nisbatan kamligi bilan izohlanadi.



2-rasm. Kompozitsion sorbentlar uchun sorbsiya sig'imi (q, mg/g) ning vaqtga bog'liqligi

Grafik tahlili shuni ko'rsatadiki, vaqt o'tishi bilan barcha sorbentlarda sorbsiya sig'imi ma'lum darajada kamayadi. Bu sorbentning to'yinishi va faol markazlarning band bo'lishi bilan bog'liq. Shunga qaramasdan, YAD:KOH-10 sorbenti barcha vaqt oralig'ida eng yuqori sorbsiya sig'imini saqlab qoldi.



3-rasm. Kompozitsion sorbentlarda sorbsiya darajasi (%) ning vaqtga bog'liqligi

Grafikdan ko'rinadiki, vaqt o'tishi bilan sorbsiya darajasi kamayib boradi, biroq YAD:KOH-10 sorbenti 240 minutdan keyin ham 90% sorbsiya samaradorligini saqlab qoldi. Bu esa mazkur sorbentning dinamik sharoitda yuqori barqaror adsorbsion xossalarga ega ekanligini ko'rsatadi.

O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida KOH bilan aktivlashtirilgan lignotsellyuloza asosidagi kompozitsion sorbentlarning oqava suv tarkibidagi neft mahsulotlarini dinamik sharoitda samarali adsorbsiyalash qobiliyatiga ega ekanligi aniqlandi. Ayniqsa, YAD:KOH-10 sorbenti yuqori sorbsiya sig'imi, past chiqish konsentratsiyasi va yuqori adsorbsion samaradorligi bilan ajralib turdi. Shu sababli ushbu sorbentni neft mahsulotlari bilan ifloslangan sanoat oqava suvlarini adsorbsion usulda tozalash uchun istiqbolli material sifatida tavsiya etish mumkin.

**Xulosa.** Mazkur tadqiqot ishida mahalliy lignotsellyuloza xomashyolari asosida tayyorlangan va KOH bilan aktivlashtirilgan YP:KOH-10, AD:KOH-10 hamda YAD:KOH-10 kompozitsion sorbentlarining neft mahsulotlari bilan ifloslangan oqava suvlarni dinamik sharoitda tozalash xossalari tadqiq qilindi. O'tkazilgan tajribalar natijasida barcha sorbentlar neft mahsulotlarini

adsorbsiyalash qobiliyatiga ega ekanligi aniqlangan bo'lsa-da, adsorbsion samaradorlik va sorbsiya sig'imi bo'yicha eng yuqori natijalar YAD:KOH-10 sorbentida kuzatildi. Ushbu sorbent uchun sorbsiya sig'imi 9.0–9.4 mg/g ni, sorbsiya darajasi esa 90–94% ni tashkil etdi. Oqartirilgan suv tarkibidagi chiqish konsentratsiyasining past qiymatlari sorbentning rivojlangan g'ovak tuzilishi va katta solishtirma sirt maydoni bilan izohlandi.

Dinamik sorbsiya jarayonida vaqt ortishi bilan barcha sorbentlarda  $C_t/C_0$  qiymatining oshishi sorbent faol markazlarining asta-sekin to'yinib borishini ko'rsatdi. Shu bilan birga, YAD:KOH-10 sorbenti uzoq vaqt davomida yuqori adsorbsion samaradorlikni saqlab qoldi, bu esa uning dinamik sharoitdagi barqarorligini tasdiqlaydi. KOH bilan kimyoviy aktivlashtirish sorbentlarning g'ovak strukturasi rivojlantirib, qo'shimcha adsorbsion markazlar hosil qilgani sababli sorbsiya jarayonining samaradorligi sezilarli darajada oshgani aniqlandi.

Olingan natijalar lignotsellyuloza asosidagi kompozitsion sorbentlardan neft mahsulotlari bilan ifloslangan sanoat oqava suvlarini adsorbsion usulda tozalashda samarali foydalanish mumkinligini ko'rsatdi. Ayniqsa, YAD:KOH-10 sorbenti yuqori sorbsiya sig'imi, past chiqish konsentratsiyasi va barqaror adsorbsion xossalari sababli istiqbolli adsorbent material sifatida tavsiya etiladi. Mazkur tadqiqot natijalari kelgusida sanoat miqyosida qo'llaniladigan sorbsion texnologiyalarni ishlab chiqishda ilmiy asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

#### Foydalanilgan adabiyotlar

1. Турабджанов С.М., Юсупов Ф.Н., Ибодуллаев А.С. Оқова сувларни сорбцион усулда тозалаш технологиялари. – Тошкент: Фан, 2021. – 248 б.
2. Rashidova S.Sh., Negmatov S.S., Yusupbekov A.X. Composite biosorbents based on agricultural waste for wastewater treatment // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. – 2022. – Vol. 10, №4. – P. 107–115.
3. Komarova L.F., Oleynik E.F., Lipatov Yu.S. Sorption materials for purification of oil-contaminated wastewater // *Chemical and Petroleum Engineering*. – 2020. – Vol. 56, №7. – P. 412–418.
4. Salem M.H., Ehrampoush M.H., Sheikhalishahi S. Adsorption of petroleum pollutants using lignocellulosic biosorbents // *Environmental Technology & Innovation*. – 2021. – Vol. 24. – P. 101–109.
5. Foo K.Y., Hameed B.H. Insights into the modeling of adsorption isotherm systems // *Chemical Engineering Journal*. – 2010. – Vol. 156. – P. 2–10.
6. Gupta V.K., Suhas. Application of low-cost adsorbents for dye removal – A review // *Journal of Environmental Management*. – 2009. – Vol. 90. – P. 2313–2342.
7. Тўхтаев Ф.С., Нурназарова Г.У. Лигноцеллюлоза асосидаги композицион сорбентларнинг нефть маҳсулотларига нисбатан сорбцион хусусиятлари // Республика илмий-амалий конференция материаллари. – Навоий, 2026. – Б. 118–123.
8. Asqarov M.A., Babayev T.M., Ashurov N.R. Tabiiy biomassa asosida olingan sorbentlarning fizik-kimyoviy xossalari // *O'zbekiston kimyo jurnali*. – 2023. – №2. – B. 61–68.
9. Kumar A.A., Perlman M.M., Geracaris S. Development of adsorption systems for industrial wastewater purification // *Journal of Water Process Engineering*. – 2023. – Vol. 51. – P. 103–112.
10. Crini G., Lichtfouse E. Advantages and disadvantages of techniques used for

wastewater treatment // Environmental Chemistry Letters. – 2019. – Vol. 17. – P. 145–155.

