

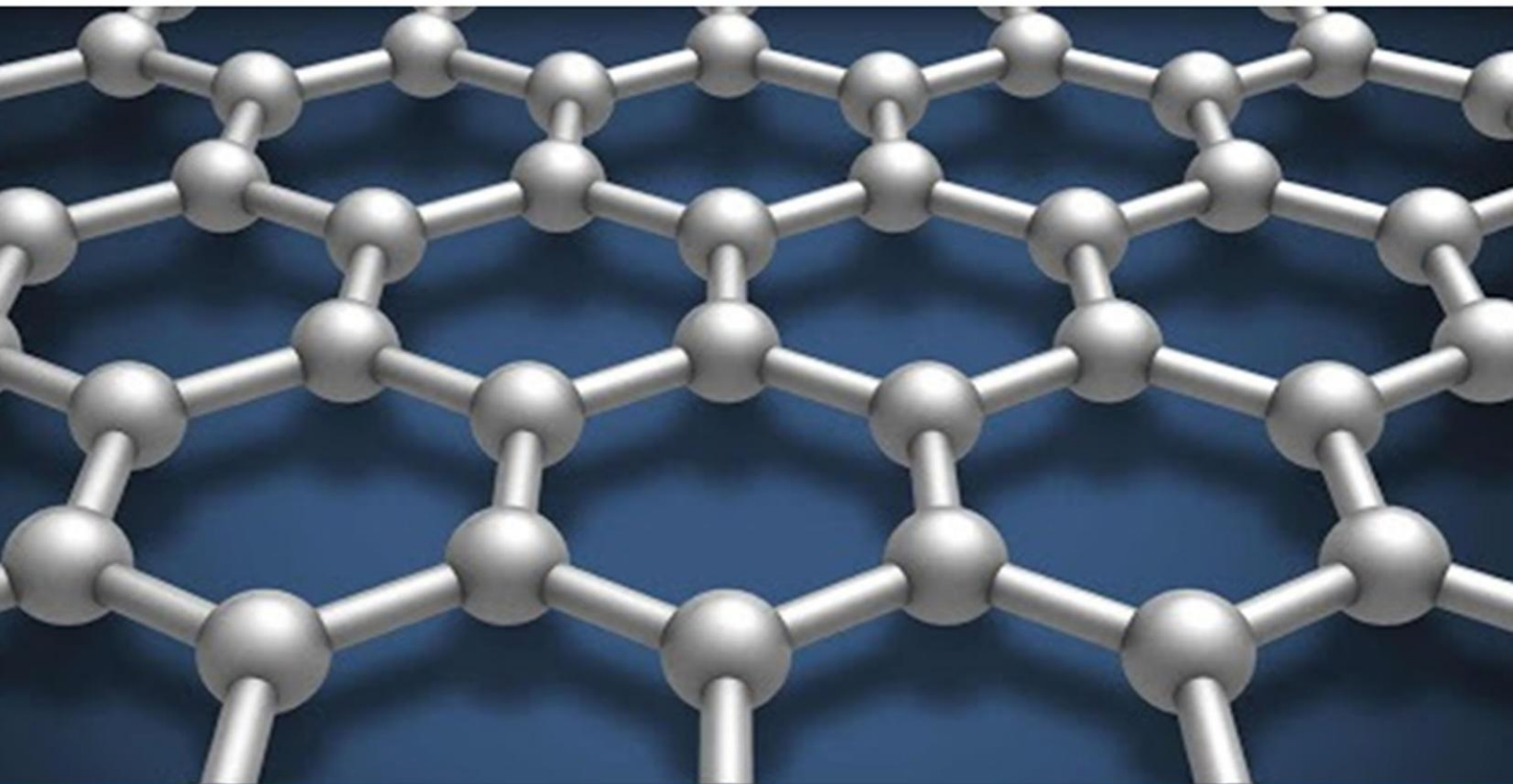
ISSN 2091-5527

№ 3/2025

O'zbekiston

# **K**ompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Узбекский научно-технический и производственный журнал

**Композиционные материалы**

UDK.553.63.544.723

**SAPROPEL ASOSIDAGI SORBENTLARNING FAZAVIY TAHLILI:  
RENTGENODIFRAKSIYA USULIDA BAHOLASH****Amonova Matluba Muxtarovna***Buxoro davlat universiteti*

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada tabiiy sapropelni termik modifikatsiyalash orqali sorbent olish texnologiyasi hamda uning fazaviy tuzilishidagi o'zgarishlar rentgenodifraksiya tahlili (XRD) asosida o'rganildi. Sapropel namunalari 350°C gacha bo'lgan haroratlarda ishlov berilib, ularning mineral tarkibi va kristallik holatidagi transformatsiyalar aniqlandi. Tadqiqotda harorat ta'siridagi fazalarning qayta tuzilishi, amorf va kristall holatlar o'rtasidagi nisbatlar, kalsit, dolomit va kvars singari asosiy mineral birikmalarning o'sishi yoki yo'qolishi qayd etildi. Olingan moddalarning rentgenogramma ma'lumotlari boshlang'ich sapropel bilan solishtirilib tahlil qilindi. Natijalarga ko'ra, 350°C da ishlov berilgan namunalar eng yuqori fazaviy barqarorlik va sorbsion faolligni namoyon etgan. Ushbu ish sapropel asosida ekologik xavfsiz va samarali sorbentlar olish imkoniyatlarini ko'rsatadi hamda sanoat chiqindi suvlarini tozalashda qo'llash uchun istiqbolli yo'nalish sanaladi.

**Kalit so'zlar:** Sapropel, termik modifikatsiya, rentgenodifraksiya (XRD), fazaviy o'zgarish, sorbent, mineral tarkib, kalsit, amorf tuzilish, kristall fazalar, tozalash texnologiyasi.

**Kirish.** Sapropel - suv havzalari tubida organik va mineral moddalarning uzoq davom etuvchi bioximik parchalanishi natijasida hosil bo'ladigan cho'kma moddadir. U asosan torf, humus, detrit, suv o'simliklari qoldiqlari va fitoplanktonlar bilan boy bo'lib, biogen va mineral komponentlarning murakkab birikmasini tashkil etadi. Adabiyotlarda ta'kidlanishicha, sapropellar suyuq, yarim qattiq yoki qattiq holda uchraydi va ularning fizik-kimyoviy xususiyatlari havzaning gidrologik rejimi, temperatura, kislorod rejimi, organik moddalar manbai va suvning minerallashuv darajasiga bog'liq bo'ladi [1, 2].

Sapropelning kelib chiqishi asosan biogen tabiatga ega bo'lib, fitoplanktonlar, sianobakteriyalar, diatomlar va boshqa suv o'simliklarining o'lgan tana tuzilmalaridan shakllanadi. Anaerob sharoitda kechadigan mikrobiologik faoliyat tufayli organik moddalar qisman yoki to'liq gumuslashadi, natijada gumin va fulvokislotalar, bitumlar, aminokislotalar va oqsillar hosil bo'ladi. Bu jarayonda moddiy tuzilishlardagi o'zgarishlar yuqori darajada sodir bo'ladi va bu sapropelning adsorbsion va agronomik qiymatini belgilaydi [3].

Sapropelning tarkibi juda noaniq va keng diapazonda o'zgaradigan strukturaga ega bo'lib, uning 30–70% gacha organik moddalar, qolgan qismi esa mineral komponentlar: kremnezem (SiO<sub>2</sub>), kalsiy, magniy, temir va alyuminiy oksidlari, hamda fosfat va sulfatlardan iborat bo'lishi mumkin [4]. Ayrim manbalarda qayd etilishicha, sapropel tarkibida Ca, Fe, Mn, Zn, Cu, P, S, K va Na elementlari turli darajada uchraydi va ularning miqdori havzaning ekotizimi va geoximik xususiyatlariga bog'liq bo'ladi [5].

Mineral komponentlar asosan cho'kma jarayonidagi tashqi omilini ifoda etadi, xususan,

loy, gil, kvars, karbonatlar va sulfatlar shaklida joylashgan bo'ladi. Sapropelning fizik xususiyatlari - uning rN (odatda neytral yoki yengil ishqoriy), zichligi, porozligi va yigish qobiliyati tozalash jarayonlarida sorbent sifatida qo'llash imkoniyatlarini belgilab beradi. Uning tabiiy poroz strukturasi va katta miqdorda funksional guruhlariga ega bo'lishi ion almashinuv qobiliyati va metall ionlarini sorbsiya qilish imkoniyatini yaratadi [6-8]. Termik ishlov berilishi natijasida sapropelning tarkibidagi organik moddalar kokslashadi, g'ovaklik va yuza maydoni oshadi, bu esa uning sorbsion xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshilaydi. Qo'shimcha ravishda, 300–600°C oralig'ida termik faollashtirish jarayonida aromatik strukturalar shakllanadi, kislorodli funksional guruhlar (–OH, –COOH) saqlanib qoladi yoki qayta tuziladi, bu esa ion almashinuv va metall ionlari bilan komplekslashuv qobiliyatini oshiradi [8].

Bugungi kunda sapropelning modifikatsiyalangan shakllari sanoat chiqindilarini, xususan, og'ir metallar va fosfatlarni tozalashda ekologik xavfsiz va samarali sorbent sifatida qaralmoqda. Sapropeldan olingan termik modifikatsiyalangan sorbentlar ko'pgina hollarda bentonit, seolit yoki alyumosilikatlar bilan birgalikda qo'llanilib, sorbsiya quvvati, termobarqarorlik va qayta ishlash qobiliyatini oshiradi [9].

**O'rganish usullar va metodlar.** Tadqiqotda asosiy xom ashyo sifatida tabiiy sapropel namunalari O'zbekiston hududidagi yo'g'on cho'kmali ko'llardan olindi. Sapropellarning fizik-kimyoviy xususiyatlarini izchil o'rganish va sorbsion xossalarni yaxshilash maqsadida ularni tayyorlash jarayoni bir necha bosqichda amalga oshirildi. Dastlab namunalar iflos aralashmalardan tozalanib, yirik qattiq zarrachalardan ajratildi.

Keyinchalik namlik miqdori 10–12% gacha kamaytirildi. Bu jarayon 105 °C haroratda 5 soat davomida ventilyatsiyalangan shkafta quritish orqali amalga oshirildi. Quritilgan namuna yuqori aylanishli mexanik maydalagich yoki sharli tegirmonda maydalandi. Undan soʻng elekflash yoʻli bilan 100–200 mkm oʻlchamdagi zarrachalar ajratib olindi.

Maydalangan va quritilgan sapropel namunalari ustida termik ishlov amalga oshirildi. Termik faollashtirish jarayonining maqsadi - strukturadagi organik moddalarni qayta tuzish, gʻovaklikni oshirish va sorbsion markazlarning faolligini kuchaytirishdan iborat. Termik ishlov harorat diapazoni 200–800 °C orasida boʻlib, har bir haroratda 1 soat davomida uzluksiz isitish sharoitida olib borildi. Isitish jarayonini nazorat qilish uchun termostatli muhitda keramik tigellarda sinovlar oʻtkazildi. Taʼsir muhiti sifatida havo (oksidlovchi sharoit) va argon gazi (inert muhit) qoʻllanildi, bu esa organik moddalarning qisman yoki toʻliq yonishiga va tuzilishdagi transformatsiyalarga turlicha taʼsir koʻrsatadi.

Fazaviy oʻzgarishlarni baholash va termik ishlovning mineral tuzilishga taʼsirini aniqlash maqsadida rentgenodifraksiya (XRD) tahlili oʻtkazildi. Ushbu tahlil XRD-6100 (Shimadzu, Yaponiya) qurilmasi yordamida amalga oshirildi. Qurilma CuK $\alpha$  nurlanish manbai ( $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$ ) bilan jihozlangan. Skanirlash diapazoni 4°–80° 2 $\theta$  intervalda, 0.02° kadamda, 4°/min tezlikda oʻtkazildi. Har bir namuna uchun kristallik darajasi, asosiy mineral fazalar va amorf tuzilmalarning ulushi aniqlandi.

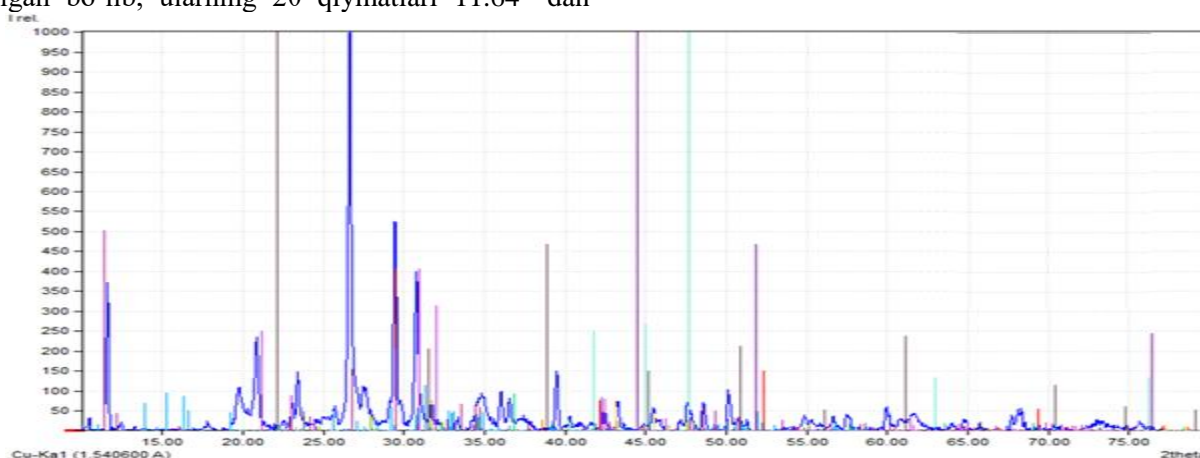
**Olingan natijalar tahlili.** Orol hududidan olingan sapropel namunasiga oid rentgenogramma tahlili uning poliminerallik tarkibiga ega ekanini koʻrsatadi. Ushbu tahlil 42 ta asosiy piklarni qamrab olgan boʻlib, ularning 2 $\theta$  qiymatlari 11.64° dan

72.99° gacha boʻlgan diapazonni tashkil qiladi. Diagrammadagi yuqori intensivlikdagi piklar 12.46°, 20.27°, 26.64°, 27.66° va 30.79° nuqtalarda qayd etilgan boʻlib, ularning intensivliklari mos ravishda 352.41, 219.62, 1000.00, 545.78 va 406.22 I/I $_0$  ni tashkil etgan. Bu piklar asosan sapropelda uchraydigan kvarts (SiO $_2$ ), illit, kaolinit, muskovit, dolomit, kalsit, anataz va temir oksidlari (gematit va magnetit) kabi mineral fazalarga mos keladi.

Illit va muskovit glinist alyumosilikatlar boʻlib, ularning piklari 8.84 Å, 4.95 Å va 3.34 Å d-oraliqlarida kuzatiladi. Bu minerallar suvdagi metall ionlarini adsorbsiya qilishda faol ishtirok etadi. Illit va muskovitning mavjudligi sapropelning kation almashish qobiliyatini taʼminlaydi. Qoʻshilgan qurgʻoqchilik va shamol taʼsirida kelgan kvarts komponentlari (3.34 Å – 26.64°) juda yuqori intensivlik bilan qayd etilgan va mexanik barqarorlikni taʼminlovchi skelet fazasi sifatida faol rol oʻynaydi.

Diagrammada dolomit va kalsit piklari ham ( $d \approx 2.87 \text{ \AA}$ ,  $2.71 \text{ \AA}$  va  $3.03 \text{ \AA}$ ) aniqlanib, ular Ca va Mg asosidagi karbonat fazalarga tegishli boʻlib, bu elementlarning biofaolligi va adsorbsion potensialini taʼminlaydi. Gematit va magnetit kabi temir oksidlari (Fe $_2$ O $_3$ , Fe $_3$ O $_4$ )ning piklari kengroq va pastroq intensivlikda qayd etilgan, bu esa termookislanish yoki biogen faoliyat orqali kelib chiqqanligini anglatadi.

Ushbu sapropel tarkibida anataz (TiO $_2$ ) ham aniqlangan boʻlib, u 25–27° atrofidagi piklar orqali taniladi va uning mavjudligi fotokatalitik va antibakterial xossalar bilan bogʻliq boʻlishi mumkin. Shuningdek, kaolinit kabi alyumosilikatlar past haroratda shakllangan, gidrotermal yoki botqoq muhitda uzoq saqlanish sharoitida yuzaga kelgan boʻlib, ular adsorbsion qobiliyatni kuchaytiradi.



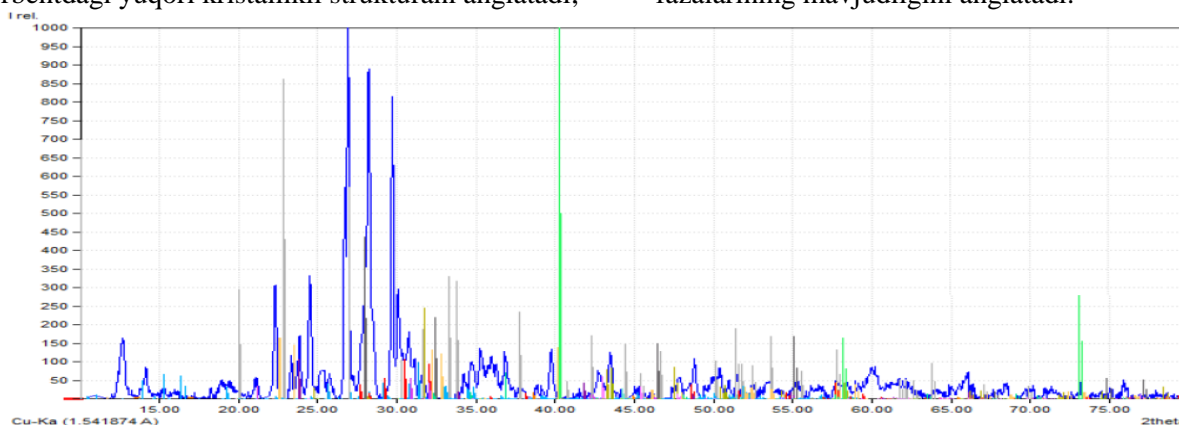
**1-rasm. sapropel namunasining rentgenogramma tahlili**

Shu bilan birga, rentgenogrammadagi baʼzi piklarning FWHM qiymatlari yuqori boʻlgan (masalan, 0.8500; 0.7500), bu minerallarning amorf yoki noaniq kristallikda ekanini anglatadi. Bu piklar, ayniqsa, organik gumin moddalar bilan

bogʻliq boʻlib, ular 10–20° oraligʻida qayd etilgan. Bunday amorf piklar sapropelning gumusga boyligini va organik-mineral miqdorining yuqoriligini koʻrsatadi.

Sapropel asosidagi sorbentning rentgenodifraktometriya (XRD) tahlili natijalari 43 ta aniqlangan piklar orqali sorbent tarkibining ko'p fazali ekanini tasdiqlaydi. Asosiy minerallar sifatida kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ), kvars ( $\text{SiO}_2$ ), dolomit ( $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ ), gematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), kaolinit, illit, xlorit, muskovit va boshqa alyumosilikatli moddalar aniqlangan. Rentgenogrammadagi e'tiborga molik piklardan №4 ( $22.34^\circ 2\theta$ ,  $d = 3.9801 \text{ \AA}$ ,  $I/I_0 = 312.50$ ) - kalsit, kvars va oq illitga mos keluvchi pik bo'lib, sorbentdagi yuqori kristallikli strukturani anglatadi;

№6 ( $24.31^\circ 2\theta$ ,  $d = 3.6320 \text{ \AA}$ ,  $I/I_0 = 328.12$ ) - kvars va magnetitga tegishli bo'lib, mexanik barqarorlik va sorbsion xususiyatlarga hissa qo'shadi; №11 ( $28.23^\circ 2\theta$ ,  $d = 3.1607 \text{ \AA}$ ,  $I/I_0 = 963.61$ ) - eng yuqori intensivlikka ega bo'lib, kalsit va dolomit bilan mos keladi; №13 ( $30.95^\circ 2\theta$ ,  $d = 2.8871 \text{ \AA}$ ,  $I/I_0 = 267.52$ ) - dolomit va illit fazalariga mos; №22 ( $37.79^\circ 2\theta$ ,  $d = 2.3806 \text{ \AA}$ ,  $I/I_0 = 130.43$ ) - kvars, leymontit va magnetit kabi kremniyli fazalar bilan bog'liq; №39 ( $59.98^\circ 2\theta$ ,  $I/I_0 = 81.04$ ) va №40 ( $61.41^\circ 2\theta$ ,  $I/I_0 = 64.28$ ) piklari esa gematit, muskovit va magnetit fazalarining mavjudligini anglatadi.



2 -rasm. Sapropelni asosidagi sorbent rengenogrammasi

Rentgenogrammada piklarning torligi va FWHM qiymatlarining asosan 0.1–0.3 intervalda bo'lishi sorbent tarkibida yuqori darajada kristallikka ega minerallarning ustunligini ko'rsatadi. Shu bilan birga, 0.5–0.75 kabi keng piklar amorf aralashmalarining mavjudligidan dalolat beradi. Umuman, bunday mineral-kompozit sorbentlar og'ir metallar va zaharli ionlarni selektiv sorbsiya qilish qobiliyatiga ega bo'lib, sanoat oqava suvlarini tozalashda samarali qo'llanilishi mumkin.

**Xulosa.** Rentgenodifraksiya (XRD) tahlillari termik ishlov berilmagan sapropelning asosan amorf tuzilmali ekanini ko'rsatdi. 400–600 °C oralig'idagi ishlov jarayonida kristall fazalar - kalsit, dolomit, MgO va kvars miqdori ortgani

aniqlandi. Shu bilan birga, fazalardagi struktur qayta tuzilishlar adsorbsion yuza maydonini ko'paytirish va faol markazlarning shakllanishiga olib keldi.

Sapropelning tabiiy tarkibidagi gumus moddalari, organik kislotalar, aminokislotalar va funksional guruhlar ( $-\text{OH}$ ,  $-\text{COOH}$ ) uning adsorbsion qobiliyatini ta'minlovchi muhim omillardandir. Termik ishlov orqali bu guruhlar saqlanishi yoki qayta tuzilishi orqali metall ionlar, fosfatlar va nitratlarning sorbsiyasiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Shu jihatdan, termik modifikatsiyadan o'tkazilgan sapropel nafaqat fizik adsorbsiya, balki ion almashinuv va komplekslashuv mexanizmlari orqali ham tozalash jarayonlarida faol ishtirok etadi.

**FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI**

1. Sokolov, A. I., Petrov, V. V., & Morozov, S. N. Sapropel: sostav, svoystva, primeneniye / A. I. Sokolov, V. V. Petrov, S. N. Morozov. — Moskva: Nauka, 2016. — 215 s.
2. Kurennoy, V. V., & Vasilyeva, A. S. Gidrobiologicheskiye osobennosti sapropelyevykh otlojeniy v presnovodnykh vodoyemax // Ekologicheskiy vestnik Rossii. — 2020. — № 2. — S. 37–43.
3. Glushankova, I. S., Orlova, T. A., & Kotov, P. A. Bioximicheskaya transformatsiya organiki v protsessye sapropelyeformatsii // Pochvovedeniye. — 2021. — № 6. — S. 68–75.
4. Petrova, N. M., Safronova, Ye. V., & Ilin, A. S. Mineralogicheskiye i geoximicheskkiye xarakteristiki sapropelya iz ozer Karelii // Geoximiya. — 2019. — № 4. — S. 55–61.
5. Vesensev, Ye. S., Litvinov, V. I., & Yakovleva, M. A. Kompozitnyy sorbent na osnove sapropelya i bentonita dlya ochistki stochnykh vod // Ximiya i texnologiya vodosnabzheniya. — 2018. — T. 40, № 3. — S. 25–31.
6. Jarikov, A. P., Kuznetsova, Ye. G., & Tixonov, A. V. Elementnyy sostav sapropelyey i perspektivy ix ispolzovaniya // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. — 2020. — № 459. — S. 89–95.
7. Belyayeva, N. I., & Fyodorov, S. A. Adsorbsionnyye svoystva prirodnykh organomineralnykh obrazovaniy // Jurnal prikladnoy ximii. — 2017. — T. 90, № 11. — S. 1721–1726.
8. Aleksandrova, I. A., Romanov, K. N., & Pankratova, N. M. Termicheskaya modifikatsiya sapropelya kak sposob povysheniya sorbsionnoy aktivnosti // Ximicheskaya texnologiya. — 2020. — № 2 (33). — S. 41–48.
9. Kokarev, A. I., Ivanova, L. N., & Shvetsova, I. M. Polucheniye kompozitnykh sorbentov na osnove sapropelya i alyumosilikatov // Ekologicheskiye texnologii. — 2023. — T. 7, № 4. — S. 59–66.

<b>G'ulomova I.B., Mahkamov M.A., Islomov M.M.</b> Karboksimetilkra xmal asosidagi bioparchalanuvchi polimer plyonkalar va ularning xossalari .....	125
<b>Umrzoqov A.T., Muxiddinov B.F., Ikramov A., Vapoyev H.M., Qodirov S.M.</b> Kompozit katalizatorlar ishtirokida atsetaldegidning ammiak bilan kondensatsiylanishi .....	129
<b>Eshbaeva U.J.</b> Tarkibida yelimlovchi moddalar bo'lgan qog'ozning bosma xossalari tadqiq qilish .....	134
<b>Хамдамова Ч.Х., Сайфиева П.О., Очилов Э.А., Абед Н.С., Камолов Т.О.</b> Исследование влияния параметров магнитного сепаратора на эффективность извлечения магнитной фракции .....	137
<b>Амонова М.М.</b> Sapropel asosidagi sorbentlarning fazaviy tahlili: rentgenodifraksiya usulida baholash .....	140
<b>Яхшиева З.З., Асророва З.</b> Методика определения ионов Fe(III) в мясных продуктах .....	143
<b>Бакахонов А.А., Яхшиева З.З., Султонов М.М.</b> Карбоплатинни электрохимический анализ килиш .....	145

## 6. Проблемные обзоры

<b>Исаходжаева Н.А.</b> Анализ и исследование свойств композиционных материалов и правила адаптивного конструирования .....	149
<b>Озодова Ш.О.</b> Автоматизация метрологических измерений .....	151
<b>Сайдалиева У.Р.</b> Исследование свойств композиционных материалов, используемых в целлюлозных головных уборах .....	154
<b>Очиллов Э.А., Юсупов О.Г., Холбозорова Д.Н., Сайдуллаева К.А., Абдурахимов К.Г., Хушвактова У.А.</b> Исследование механизма процесса выщелачивания огарка соляной кислоты .....	156
<b>Турганбаев. Б.Б., Калбаев Б.А., Нажимов Ж.Б., Мамутов У.Б., Танатаров О.Р.</b> Исследование возможностей применения базальта Шехжелинского месторождения в производстве строительных материалов .....	158
<b>Очилдиев К.Т., Мухаметджанова Ш.А., Маткаримов С.Т., Носирхужаев С.К.</b> Исследования по улучшению способа обеднения шлаков медного производства, применяемые в процессе плавления в отражательной печи .....	161
<b>Parmonov G., Parmonov S.</b> "O'zbekiston texnologik metallar kombinati" AJ qoshidagi Nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish zavodi volfram texnogen chiqindilarini tahlil qilish .....	165
<b>Xandamov D.A., Xonqulov Sh.B., Bekmirzayev A.Sh., Xandamova D.K., Doniyorov S.A., Xudoyberdiyev A.I.</b> Adsorbsiya muvozanat izotermalarining nazariy asoslari va tahlili .....	168
<b>Курязов З.М., Кадырова З.Р., Эминов А.М., Азимов Х.Э.</b> Альтернативный источник глинистого сырья-илистых отложений водохранилищ для производства керамических материалов .....	171
<b>Yoqubov O.M.</b> "Olmaliq KMK" AJda metall ishlab chiqarish texnogen xomashyolarining ahamiyati .....	174
<b>Абдувалиева К.Х.</b> К вопросу интенсификации технологии извлечения металлов платиновой группы ....	178
<b>Egamberdiyeva Sh.U., Berdimurodov E.T., Akbarov Kh.I.</b> Synthesis of carbon dot from pomegranate peel waste and its modification with Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> magnetic nanoparticle .....	180
<b>Daminov T.Z., Maxmarejabov D.B.</b> Angren ko'mir konidan olingan qo'ng'ir ko'mir va kaolinli gil namunalari moddiy tarkibi o'rganish .....	183
<b>Кулдеев Е.И., Негматов С.С.</b> Диатомиты и потенциал их использования .....	186
<b>Rasulov A.A., Berdimurodov E.T., Akbarov Kh.I.</b> Preparation of magnetic Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> modified with carbon dots derived from orange peels extract and its application in Ni <sup>2+</sup> adsorption .....	189
<b>Ruzmetov A.Kh., Ibragimov A.B., Atajanov B.A.</b> Crystal structure and UV-Vis spectroscopic correlation of [triacqua-μ <sub>3</sub> -oxido-hexa(3-hydroxybenzoato)triiron(III)] chloride dihydrate .....	192
<b>Рахимов Х.Ю., Юсупходжаева Э.Н., Аюбова И.Х., Халматова Н.Г.</b> Магистрал газ кувурларини коррозиядан химия килиш йўллари .....	195
<b>Akbarova Z.O.</b> Application of zardozi embroidery technique in clothing and methods for its improvement .....	197