ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 9

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 8

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

UDK 544.723.212

DIXROMAT IONLARINI EKOLOGIYA SALBIY TASIRINI OLDINI OLISHDA BIOSORBENTLARDAN FOYDALANISH

Yarmanov Sherimmat Xalillayevich
Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti o‘qituvchisi k.f.f.d., (PhD) 0009-0000-6206-6310
Matyoqubova Nafisa Rustamboyevna
Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti 1-kurs magistri
Qurbanbayeva Saodat Xudaybergan qizi
Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti 2-kurs magistri
Sapayeva Madina Ro‘ziboy qizi
Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti 3-kurs talabasi

Annotatsiya. Ushbu maqolada sanoat tarmoqlaridan atrof-muhitga tarqaladigan eng xavfli birikmalardan biri — dixromat ionlarining (Cr2O72-) ekologik jihatlari tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida metallurgiya, charm-poyabzal, to‘qimachilik va kimyo sanoati korxonalarining oqova suvlari hamda chiqindilari orqali olti valentli xromning tabiatga chiqish manbalari ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, ushbu ionlarning tuproq va suv havzalarining ekologik holatiga, oziq-ovqat zanjiri orqali inson salomatligiga ko‘rsatadigan toksik va kanserogen ta’sirlari yoritilgan. Maqola yakunida xrom (VI) ionini ushlab qolishda o’simlik qobiqlaridan olingan chiqindilar modifikatsiya materiallarining imkoniyatlari keltirilgan.

Kalit so‘zlar: Dixromat ionlari, sanoat ekologiyasi, og‘ir metallar, ekologik ifloslanish, toksikologiya, oqova suvlarni tozalash.

Аннотация. В данной статье анализируются экологические аспекты ионов дихромата ($Cr_2O_7^{2-}$) — одного из наиболее опасных соединений, поступающих в окружающую среду из промышленных секторов. В ходе исследования рассмотрены источники выбросов шестивалентного хрома в природу через сточные воды и отходы предприятий металлургической, кожевенно-обувной, текстильной и химической промышленности. Также освещено токсическое и канцерогенное воздействие этих ионов на экологическое состояние почвы и водных ресурсов, а также на здоровье человека через пищевые цепи. В завершение статьи представлены возможности использования модифицированных отходов растительных оболочек для улавливания ионов хрома (VI).

Ключевые слова: ионы дихромата, промышленная экология, тяжелые металлы, экологическое загрязнение, токсикология, очистка сточных вод.

Abstract. This article analyzes the environmental aspects of dichromate ions ($Cr_2O_7^{2-}$), one of the most hazardous compounds released into the environment

ISSN 3030-3907

from industrial sectors. The study examines the sources of hexavalent chromium emissions into nature through wastewater and waste from metallurgical, leather and footwear, textile, and chemical industries. Furthermore, the toxic and carcinogenic effects of these ions on the ecological state of soil and water bodies, as well as on human health through the food chain, are highlighted. The article concludes by presenting the potential of modified plant husk waste materials for the sequestration of chromium (VI) ions.

Keywords: dichromate ions, industrial ecology, heavy metals, environmental pollution, toxicology, wastewater treatment.

KIRISH.

Sanoatning jadal rivojlanishi natijasida atrof-muhitga, xususan, gidrosfera va litosferaga tushayotgan toksik moddalar miqdori yil sayin ortib bormoqda. Global ekologik muammolar qatorida og‘ir metall ionlari bilan ifloslanish alohida o‘rin tutadi. Bular orasida olti valentli xrom birikmalari, xususan, dixromat ionlari ($Cr_2O_7^{2-}$) o‘zining yuqori toksikligi, mutagengligi va kanserogen xususiyatlari bilan ajralib turadi [4]. Metallurgiya, charm-poyabzalni qayta ishlash, to‘qimachilik va bo‘yoq sanoati korxonalari oqava suvlari dixromat ionlarining asosiy manbalari hisoblanadi Ushbu ionlar suv havzalariga tushganda, ular o‘zining yuqori eruvchanligi tufayli oziq-ovqat zanjiriga oson kirishadi va tirik organizmlarda to‘planib, hujayra darajasida qaytmas patologik jarayonlarni keltirib chiqaradi [1,9]. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, Cr(VI) birikmalari nafas olish yo‘llari, teri kasalliklari va hatto DNK tuzilishining buzilishiga sabab bo‘lishi mumkin [10, 16].

Hozirgi kunda oqava suvlarni dixromat ionlaridan tozalashning turli usullari mavjud. Kimyoviy qaytarish va cho'ktirish usuli iqtisodiy jihatdan eng arzoni bo'lsa-da, jarayon davomida juda ko'p miqdorda kimyoviy reagentlar sarflanishi, xrom gidroksidi quyqasini utilizatsiya qilish juda qiyin va u xavfli chiqindiligi, muhitning kislotalilik darajasiga o'ta sezgirligi kabi kamchiliklar mavjud. Membrana usullari Membrananing ifloslanishi, suv tarkibidagi boshqa aralashmalar membrana teshikchalarini tez yopib qo'yadi, bu esa bosimni oshirishni va energiyani ko'p sarflashi kabi muammolarni keltirib chiqaradi (6). Elektrokoagulyatsiya sulida esa metall elektrodlar jarayon davomida erib ketadi va ularni muntazam almashtirish kerak. Bundan tashqari tozalash jarayoni to'liq elektr energiyasiga bog'liq, bu esa tannarxni oshiradi. Adsorbsiya usuli oqava suvni tozalashda biosorbentlar hosil qilishda guruch qobig‘i, yong‘oq po‘stlog‘i, bug‘doy somoni va meva danaklari kabi qishloq xo‘jaligi chiqindilari ishlatiladi. Ular bir qataor avfzalliklarga ega. Xomashyo manbalari mavsumiy va doimiy ravishda yangilanib turishi. Biosorbentlar yuzasida turli xil funksional mavjudligi, zaharli

ISSN 3030-3907

kimyoviy moddalar hosil bo‘lmasligi. Ishlatilgan biosorbentlar quritilib, piroliz qilish orqali utilizatsiya qilinishi yoki undan metallarni qayta ajratib olish (desorbsiya) mumkinligi bilan ajralib turadi(6).

METODOLOGIYASI — kaliy dixromat tuzining 0.1 M li eritmasi tayyorlanib olindi. Keyin bu eritmani 50, 60, 70, 80, 90, 100 martagacha suyultirildi. Bu eritmalar xona xaroratida 24 soat deavomida qoldirildi. Bu eritmalarning SHIMADZU UV-1800 spektrofotometrda optik zichiligi aniqlandi(1 –jadval).

1-jadval

Kaliy dixramat eritmasining turli xil konsentratsiyadagi optik zichliklari						
Suyul-tirish	50	60	70	80	90	100
Optik zichlik	0,494	0,562	0,57	0,629	0,645	1,5
Cm (mol/L)	$1,65\times10^{-4}$	$1,73\times10^{-4}$	$1,82\times10^{-4}$	$1,92\times10^{-4}$	$2,02\times10^{-4}$	$4,52\times10^{-4}$

Ushbu tadqiqotning maqsadi — sholi, mosh, loviya va kungaboqar qobiqlari asosida biosorbentlar olish, ularni kimyoviy modifikatsiya qilish hamda olingan materiallarning dixromat ionlarini adsorbsiya qilish samaradorligini o‘rganishdan iborat.

ASOSIY QISM.

Sholi, kungaboqar va dukkakli ekinlar — loviya va mosh donlarini ajratish jarayonida katta miqdorda qobiq hosil bo‘ladi. Ushbu qobiqlar tarkibida sellyuloza, gemissellyuloza, lignin, oqsillar va turli funksional guruhlarga ega moddalar mavjud. Tadqiqot davomida qobiqlar dastlab yuvilib, quritildi va maydalandi, ishqoriy muhitda dastlabki ishlov berish orqali lignin va gemissellyulozadan yuvildi funksional guruhlar (–OH,) esa faollashtirildi. Keyinchalik karboksillash yoki fosfatlash reaksiyalari orqali qobiq asosidagi tabiiy polimerlar biosorbent tuzilmasiga ega bo‘lgan moddaga aylantirildi. Og’ir metall ionlari organizmga oz miqdorda ham jiddiy zarar yetkazadi. Ularning suvi oziq ovqat yoki havoda bo’lishi inson salomatligi uchun jiddiy xavf tugdiradi. Shu sababli suvni tozalashda biosorbentlar kabi materialllardan foydalanish muxim(13). Og’ir metal ionlari inson organizmida to’planib boradi va og’ir kasalliklarni keltirib chiqaradi. Suvli eritmalardan og‘ir metallarni olib tashlashda tabiiy asosli adsorbentlar eng xavfsiz va ekologik toza yechimlardan biri hisoblanadi **(14)**. Hosil qilingan biosorbentlar og‘ir metall ionlarini samarali adsorbsiya qilish xususiyatiga ega

ISSN 3030-3907

bo‘lib, Pb^{2+}, Cd^{2+}, Cu^{2+} kabi ionlarni suvdan ajratib olishda yuqori samaradorlik ko‘rsatdi.

Tadqiqotimiz davomida biz Cr (VI) ionlarini yuqorida keltirilgan sanoat zonalarida ajralib chiqayotgan Cr (VI) ionlarini ushlab qolish usullaridan bolgan sorbsiya usllarini taklif qildik.(11) Shu maqsadda biz maxalliy o‘simliklar xisoblangan loviya qobig‘ini fosfat kislota modifikasiya maxsulotidan foydalandik. Sorbentning sorbsion xosasi dastlab kansentrasiyasi malum bo‘lgan 0.1 M li suniy eritmalardan foydalanildi. Dixramat ionlarini yutish miqdori quydagi formula asosida xisoblab topildi.

$$\text{qe} = \frac{(\text{C1} - \text{C2}) * V * Mr}{m}$$

bu yerda:

qe-bisorbentga yutilgan dixramat ioni massasi;

C1-dixramat ioni eritmasini dastlabki konsentratsiyasi;

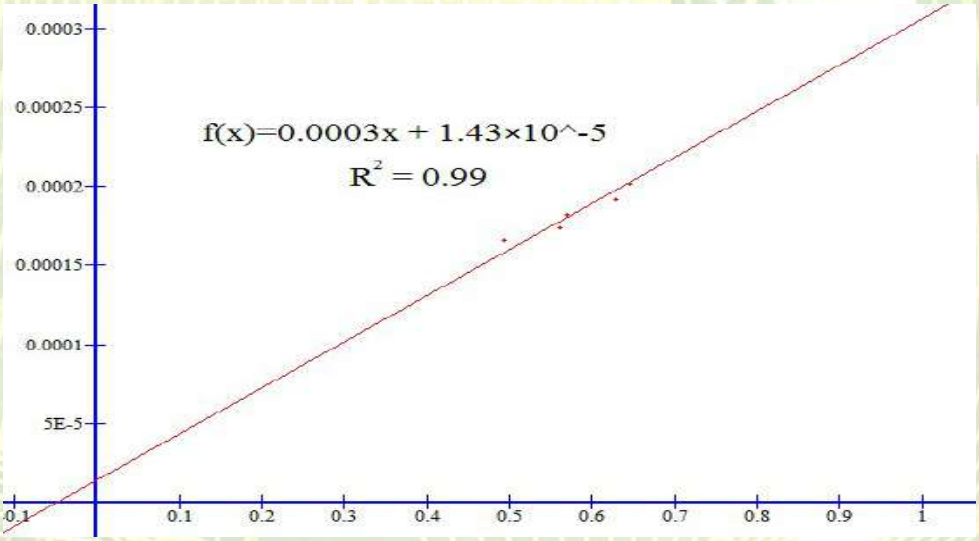
C2-dixramat ioni eritmasini sorbsiyadan keyingi konsentratsiyasi;

V-sorbent solingan eritma hajmi;

Mr-dixramat ioni molyar massasi;

m-biosobent massasi.

Dixromat ioni konsentratsiyasini topishda Shimadzu UV-1800 spektrofotometrdan foydalanildi. Adabiyotlardan malumki, eritmaning malum konsentratsiyasida optik zichlik qiymati (16) 1.5 katta bo‘lsa uni eritmani kansentrasiyasini aniqlashda xatoliklar kuzatiladi(18).



1-grafik

Dixramat ionlarining optik zichligidan molyar konsentratsiyasini topish grafigi.

Shu xatoliklarni kamaytirish maqsadida konsentratsiyasi 0.1M bo‘lgan eritmani suyultirdik 50, 60, 70, 80, 90, 100 marta suyultirdik. Shu suyultirilgan

ISSN 3030-3907

eritmalarni optik zichligi hamda kansentrasiyalar bog‘liqlgi asosida Setup Graph-4.4.2 programmasida kalibrovkalangan grafik chizildi (1-grafik).

TAHLIL VA NATIJALAR. 1-grafik asosida dixramat ionlarining dastlabki va sorbsiyadan keying konsentratsiyalari topildi. Loviya qobig‘dan olingan biosorbent dixaramat ionlari dastlabki qobiqqa nisbatan 4,5 marta ko‘p yutdi. Demak modifikatsiya jarayonida biomassa g‘ovakliklari ortganligi hamda funksianal o‘zgarish xisobi biosorbentni sorbsion xossasi ortganligini ko‘rdik. Biosorbsiya jarayonlarini sanoat oqava suvlarini tozalash tizimlariga integratsiya qilish hamda suv resurslarini samarali boshqarish bo‘yicha dunyo miqyosida tan olingan muhandislik yechimlarini tashkil etdi**[19]**.

MUHOKAMA VA XULOSA. Dixramat ioni 0,1 M bo‘lgan optik zichlik qiymati 1,5 dan katta bo’lgani uchun suyultirib olindi. Bunda uning optik zichlik qiymatlari kamaydi. Biosorbent yutgan konsentratsiyasini topishda shu qiymatlardan foydalanildi. Bu o‘z navbatida sorbsiyani aniqlahdagi xatoliklarni kamaytirildi (R^2=0,99). Bundan tashqari oqava suvni tozalashda biosorbentlardan foydalanish an’anaviy kimyoviy usullardan farqli o'laroq, ekologik jihatdan xavfsiz va kam xarajatli hisoblanadi. Tajriba natijalariga ko‘ra, o‘simlik qobig‘ining g‘ovakli tuzilishi metall ionlarini o‘ziga yutish (adsorbsiya) xususiyatini namoyon etdi. Bu esa kelajakda sanoat korxonalarida oqava suvlarni tozalashning "yashil texnologiya" tamoyillariga asoslangan yangi tizimini joriy qilish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Babel, S., & Kurniawan, T. A. (2003). Low-cost adsorbents for heavy metals uptake from contaminated water: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 97(1–3), 219–243.
2. Crini, G. (2006). Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: A review. *Bioresource Technology*, 97(9), 1061–1085.
3. Demirbas, A. (2008). Heavy metal adsorption onto agro-based waste materials: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 157(2–3), 220–229.
4. Zhitkovich, A. (2011). Chromium in drinking water: sources, metabolism, and cancer risks. *Chemical Research in Toxicology*, 24(10), 1617–1629.
5. Foo, K. Y., & Hameed, B. H. (2010). Insights into the modeling of adsorption isotherm systems. *Chemical Engineering Journal*, 156(1), 2–10.
6. Gupta, V. K., & Ali, I. (2004). Removal of lead and chromium from wastewater using bagasse fly ash. *Journal of Colloid and Interface Science*, 271(2), 321–328.
7. Hubbe, M. A., et al. (2011). Cellulosic substrates for removal of pollutants from aqueous systems. *BioResources*, 6(2), 2161–2287.
8. Kalavathy, M. H., et al. (2005). Removal of Cu(II) by adsorption onto activated carbon from agricultural waste. *Bioresource Technology*, 97(13), 1618–1625.

ISSN 3030-3907

9. Mohan, D., & Pittman, C. U. (2006). Activated carbons and low-cost adsorbents for remediation of tri- and hexavalent chromium. *Journal of Hazardous Materials*, 137(2), 762–811.
10. Ngah, W. S. W., & Hanafiah, M. A. K. M. (2008). Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically modified plant wastes. *Bioresource Technology*, 99(10), 3935–3948.
11. Sud, D., Mahajan, G., & Kaur, M. P. (2008). Agricultural waste material as potential adsorbent for sequestering heavy metal ions. *Bioresource Technology*, 99(14), 6017–6027.
12. Tran, H. N., et al. (2017). Activated carbon derived from agricultural waste for adsorption of contaminants. *Water Science and Technology*, 75(9), 2045–2069.
13. Wang, J., & Chen, C. (2009). Biosorbents for heavy metals removal and their future. *Biotechnology Advances*, 27(2), 195–226.
14. Vieira, M. G. A., et al. (2014). Natural-based adsorbents for removal of heavy metals from aqueous solutions. *Journal of Environmental Management*, 111, 1–11.
15. Bhatnagar, A., & Sillanpää, M.(2010). Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as adsorbents. *Chemical Engineering Journal*, 157(2–3), 277–296.
16. Raximov, K., & Tursunov, O. (2020). Qishloq xo‘jaligi chiqindilaridan sorbentlar olish va ularning xossalari. *Kimyo va kimyo texnologiyasi jurnali*, 3(2), 45–52.
17. Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2017). *Principles of Instrumental Analysis* (7th ed.). Boston: Cengage Learning.
18. Pakshirajan, K. (2010). *Environmental Biotechnology: Basic Concepts and Applications*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Education.
19. Metcalf & Eddy, Inc. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (5th ed.). New York: McGraw-Hill Education.

ISSN 3030-3907