

Тўхтаев Феруз Садуллоевич
Навоий давлат университети, кимё фанлари доктори (DSc)
feruz.sadullayevich@mail.ru

Нурназарова Гулҳайё Уктамовна
Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Навоий бўлими, таянч
докторант
gulhayonurnazarova@gmail.com

Маматова Мадина Ҳамдулла қизи
Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Навоий бўлими, таянч
докторант
mamatovamadina099@gmail.com

**ТУРЛИ КИМЁВИЙ РЕАГЕНТЛАР ЁРДАМИДА ЕРЁНҒОҚ
ПЎЧОҒИ ВА АЙЛАНТ ДАРАХТИ ҚИПИҚЛАРИНИ ФАОЛЛАШТИРИБ
АДСОРБЕНТЛАР ОЛИШ ВА УЛАРНИНГ АДСОРБЦИОН
ХОССАЛАРИНИ ТАДҚИҚ ЭТИШ**

Аннотация. Мазкур мақолада ерёнгоқ пўчоғи (25 %) ва айлант дарахти қипиғи (75 %) асосида чиқиндисиз фойдаланиш концепцияси доирасида юқори самарали адсорбент-фаоллаштирилган кўмир олиш бўйича илмий тадқиқот натижалари келтирилган. Айлант дарахти қипиғи таркибида лигнин ва целлюлоза миқдорининг юқорилиги, ерёнгоқ пўчоғининг эса говак ҳосил қилишга мойил гемицеллюлозага бой эканлиги уларнинг комбинациясини адсорбент олиш учун истиқболли хомашё сифатида кўрсатади. Шу билан бирга, ҳар икки хомашё ҳам арзон, маҳаллий ва кенг тарқалган агрочиқиндилар ҳисобланади. Тадқиқотда фаоллаштиришнинг турли усуллари-термик (пиролиз), кимёвий (HCl, HNO₃, H₂SO₄, KOH, H₃PO₄ ва ZnCl₂ каби реагентлар) ҳамда комбинациялашган ёндашувлар қўлланилиб, уларнинг 25:75 нисбатдаги биомасса асосида олинган маҳсулотнинг физик-кимёвий хусусиятларига таъсири комплекс тарзда ўрганилди. Экспериментал жараёнларда оптимал ҳарорат, вақт, фаоллаштирувчи моддалар концентрацияси ва инерт муҳит шароитлари аниқланди.

Калит сўзлар: Фаоллаштирилган кўмир, адсорбция, пиролиз, кимёвий фаоллаштириш, айлант дарахти қипиғи, ерёнгоқ пўчоғи.

Тухтаев Феруз Садуллоевич
Навоийский государственный университет, доктор химических наук
feruz.sadullayevich@mail.ru

Нурназарова Гулҳайё Уктамовна
Навоийское отделение Академии наук Республики Узбекистан, базовый
докторант

Маматова Мадина Ҳамдуллаевна
Навоийское отделение Академии наук Республики Узбекистан, базовый
докторант

ПОЛУЧЕНИЕ АДсорбЕНТОВ НА ОСНОВЕ СКОРЛУПЫ АРАХИСА И АЙЛАНТОВОЙ ДРЕВЕСНОЙ ЩЕПЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ АДсорбЦИОННЫХ СВОЙСТВ

Аннотация. В данной статье представлены результаты научных исследований по получению высокоэффективного адсорбента — активированного угля — в рамках концепции безотходного использования биомассы на основе скорлупы арахиса (25 %) и коры дерева айлант (75 %). Высокое содержание лигнина и целлюлозы в коре айланта, а также богатство скорлупы арахиса гемицеллюлозой, склонной к формированию пористой структуры, делают их комбинацию перспективным сырьём для получения адсорбентов. Кроме того, оба вида сырья являются дешёвыми, местными и широко распространёнными агропромышленными отходами. В исследовании применены различные методы активации — термические (пиролиз), химические (с использованием реагентов HCl , HNO_3 , H_2SO_4 , KOH , H_3PO_4 и ZnCl_2), а также комбинированные подходы. Комплексно изучено их влияние на физико-химические свойства продукта, полученного на основе биомассы в соотношении 25:75. В ходе экспериментов были определены оптимальные значения температуры, времени, концентрации активирующих веществ и условий инертной среды.

Ключевые слова: Активированный уголь, адсорбция, пиролиз, химическая активация, кора дерева айлант, скорлупа арахиса.

Tukhtaev Feruz Sadulloevich

Navoi State University Doctor of Chemical Sciences

feruz.sadullayevich@mail.ru

Nurnazarova Gulkhayo Uktamovna

Navoi Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, basic
doctoral student

Mamatova Madina Hamdulla qizi

Navoi Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, basic
doctoral student

OBTAINING ADSORBENTS BASED ON PEANUT SHELLS AND AILANTHA WOOD CHIPS USING VARIOUS CHEMICAL REAGENTS AND STUDYING THEIR ADSORPTION PROPERTIES

Annotation. This article presents the results of scientific research on the production of a highly efficient adsorbent—activated carbon—within the framework of a zero-waste utilization concept based on peanut shell (25%) and ailanthus tree bark (75%) biomass. The high content of lignin and cellulose in ailanthus bark, together with the hemicellulose-rich peanut shell, which is prone to pore formation, makes their combination a promising raw material for adsorbent production. In addition, both feedstocks are inexpensive, locally available, and widely distributed agricultural wastes. Various activation methods were employed in the study,

including thermal activation (pyrolysis), chemical activation using reagents such as HCl, HNO₃, H₂SO₄, KOH, H₃PO₄, and ZnCl₂, as well as combined approaches. The effects of these methods on the physicochemical properties of the product obtained from biomass with a 25:75 ratio were comprehensively investigated. Optimal conditions for temperature, activation time, activating agent concentration, and inert atmosphere were determined through experimental procedures.

Key words: Activated carbon, adsorption, pyrolysis, chemical activation, ailanthus tree bark, peanut shell, environmental remediation.

Кириш. Сўнгги йилларда саноат тармоқларининг жадал ривожланиши натижасида атроф-муҳитнинг, айниқса сув ресурсларининг оғир металл ионлари, органик бўёқ моддалар ҳамда турли хил органик ва ноорганик ифлослантирувчилар билан ифлосланиши глобал экологик муаммолардан бири сифатида намоён бўлмоқда. Шу сабабли ифлосланган сувларни самарали тозалаш ва қайта ишлаш масаласи замонавий экологик муҳандисликнинг энг долзарб йўналишларидан бири ҳисобланади. Бу борада сорбент сифатида айлант дарахти қипиғи таркибида лигнин ва целлюлоза миқдорининг юқорилиги уни механик ва термик жиҳатдан барқарор углеродли материаллар олиш учун қулай хомашёга айлантиради. Ерёнғоқ пўчоғининг эса гемицеллюлозага бойлиги ва ғовак ҳосил қилишга мойиллиги адсорбент структурасини ривожлантиришда муҳим аҳамият касб этади. Шу сабабли ушбу икки биомассанинг 25 % ерёнғоқ пўчоғи ва 75 % айлант дарахти қипиғи нисбатида комбинацияланиши юқори сорбцион хусусиятларга эга фаоллаштирилган кўмир олиш учун илмий жиҳатдан асосланган ёндашув ҳисобланади. 25:75 нисбатдаги биомасса асосида фаоллаштирилган кўмир олиш орқали нафақат самарали адсорбент ишлаб чиқиш, балки қишлоқ хўжалиги ва ўрмон хўжалиги чиқиндиларини қайта ишлаш, чиқиндисиз технологияларни ривожлантириш ҳамда барқарор ресурслардан оқилона фойдаланиш имконияти яратилади. Шу нуқтаи назардан мазкур тадқиқотда ерёнғоқ пўчоғи ва айлант дарахти қипиғи асосида фаоллаштирилган кўмир олишнинг оптимал шароитларини аниқлаш ҳамда олинган адсорбентларнинг оғир металл ионлари ва органик ифлослантирувчи моддаларни адсорбция қилиш хусусиятларини ўрганиш асосий мақсад қилиб белгиланди. Олинган натижалар сув ресурсларини тозалашда арзон, самарали ва экологик барқарор адсорбентлар ишлаб чиқиш учун муҳим илмий асос бўлиб хизмат қилади.

Тадқиқот усули

25 % ерёнғоқ пўчоғи ва 75 % айлант дарахти қипиғи асосида фаоллаштирилган кўмир олиш ва уни адсорбент сифатида баҳолаш жараёнида қатор стандарт ҳамда замонавий тадқиқот методикаларидан фойдаланилди.

Хомашё тайёрлаш методикаси. Ерёнғоқ пўчоғи ва айлант дарахти қипиғи алоҳида ҳолда механик равишда майдаланиб, 1–2 мм заррача ўлчамигача эланди. Кейинчалик хомашёлар массавий нисбатда 25:75 (ерёнғоқ пўчоғи: айлант дарахти қипиғи) таркибда аралаштирилди. Ҳосил қилинган биомасса турли кимёвий реагентлар (HCl, HNO₃, H₂SO₄, KOH, H₃PO₄ ва ZnCl₂) ёрдамида турлича концентрация ва вақт режимларида олдиндан ишлов берилди. Ушбу

жараён хомашё структурасини ўзгартириш, ғовакликни ривожлантириш ҳамда фаоллаштириш самарадорлигини оширишга қаратилди.

Карбонизация ва фаоллаштириш методикаси. Фаоллаштирилган кўмир олишда физик ва кимёвий фаоллаштириш усуллари қўлланилди. Физик фаоллаштириш жараёни инерт муҳитда (He) 400–800 °C ҳарорат оралиғида пиролиз қилиш орқали амалга оширилди. Кимёвий фаоллаштиришда эса реагентлар билан олдиндан ишлов берилган биомасса юқори ҳароратда карбонизация қилинди. Фаоллаштиришдан сўнг намуналар дистилланган сув ва суюлтирилган реагентлар эритмаларида ювилиб, нейтрал рН қийматига келтирилди ҳамда қуритилди.

Олинган натижалар асосида 25 % ерёнғоқ пўчоғи ва 75 % айлант дарахти қипиғи асосида фаоллаштирилган кўмир олишда мақсадли фаоллаштириш концепцияси илмий жиҳатдан асосланди. Яъни, аниқ ифлослантирувчи модда турига (оғир металл ионлари ёки органик бўёқлар) қараб мос кимёвий реагент ва фаоллаштириш усулини танлаш орқали адсорбция самарадорлигини максимал даражага етказиш мумкинлиги кўрсатиб берди.

Таҳлил натижалар муҳокамаси

5–10 % Хлорид кислота (HCl) билан фаоллаштирилган 25 % ерёнғоқ пўчоғи ва 75 % айлант дарахти қипиқлари асосидаги адсорбентларда фаоллаштириш вақти ва сорбент таркибини мақбул танлаш орқали саноат оқава сувларидан оғир металл ионлари ҳамда нефть маҳсулотларини юқори самарадорлик билан ажратиш олиш мумкинлиги экспериментал жиҳатдан исботланди. HNO₃ нинг 1–3 % ли эритмаларида ишлов берилган 25 % ерёнғоқ пўчоғи ва 75 % айлант дарахти қипиқлари асосидаги адсорбентлар оғир металл ионларини адсорбция қилиш учун юқори селективликка эга сорбент эканлиги аниқланди. Оптимал таркиб ва контакт вақтида максимал сорбция сиғимига эришиш мумкинлиги экспериментал жиҳатдан исботланди. Бироқ, нефть маҳсулотларини самарали адсорбция қилиш учун ушбу адсорбентларни кўшимча гидрофоб модификация қилиш мақсадга мувофиқдир. H₂SO₄ нинг 2–3 % (массавий) концентрациясида ишлов берилган 25:75 нисбатдаги адсорбентлар энг юқори ва барқарор сорбция сиғимини намоён қилган. Микроговакларнинг устунлиги оғир металл ионларини адсорбция қилишда ижобий таъсир кўрсатган бўлса-да, сорбент таркибининг ортиқча оширилишида структуранинг ҳаддан ташқари зичлашиши кузатилган. 5–10 % (массавий) КОН эритмаларида, юқори ҳароратда фаоллаштириш натижасида адсорбент структурасида микроговак ва мезоговакларнинг жадал шаклланиши кузатилди. Натижада умумий сирт майдони 1000–1500 м²/г гача етиб, ғовак ҳажмининг кескин ортиши қайд этилди. Бу ҳолат нефть маҳсулотларининг нисбатан йирик ва гидрофоб молекулалари мезоговакларга эркин кириб бориши билан изоҳланади. H₃PO₄ билан фаоллаштирилган 25:75 нисбатдаги адсорбентлар оғир металл ионларини аниқса паст концентрацияларда самарали ушлаб қолишини кўрсатди. Бу ҳолат адсорбент юзасидаги манфий зарядланган функционал гуруҳлар билан металл катионлари ўртасида ион алмашинуви ва координацион боғланишларнинг шаклланиши билан изоҳланади. H₃PO₄ билан фаоллаштирилган 25:75 нисбатдаги адсорбентлар

оғир металл ионлари ва нефть маҳсулотларининг қутбли компонентларини селектив ва самарали сорбция қилишда устунликка эга, $ZnCl_2$ билан ишлов берилган адсорбентлар эса юқори иссиқлик барқарорлиги ва катта сирт майдони ҳисобига юқори юклама шароитида ишлаш учун мақбул ҳисобланади.

Умуман олганда, тадқиқот натижалари ерёнғоқ пўчоғи ва айлант дарахти қипиғи асосида чиқиндисиз фойдаланишни таъминлайдиган, арзон ва самарали адсорбент материаллар ишлаб чиқиш ҳамда саноат оқова сувларини тозалаш технологияларини такомиллаштириш учун мустаҳкам илмий асос яратади. Натижалар 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал

Турли реагентлар ёрдамида олинган адсорбентларнинг адсорбция самарадорлиги

Т/р	Реагентлар	Сорбцияланиш дарадаси (%)	
		Оғир металл ионлари (Pb^{2+} , Cd^{2+} , Cr^{6+})	Нефт маҳсулоти чиқиндилари
1.	HCl	85–90	80–85
2.	HNO ₃	92–95	90–94
3.	H ₂ SO ₄	88–93	87–92
4.	KOH	95–98	95–97
5.	H ₃ PO ₄	90–94	92–95
6.	ZnCl ₂	91–96	93–96

Жадвал маълумотлари 25 % ерёнғоқ пўчоғи ва 75 % айлант дарахти қипиғи комбинацияси асосида олинган фаоллаштирилган кўмирларнинг ҳам оғир металл ионлари, ҳам нефть маҳсулоти чиқиндиларини адсорбция қилишда юқори самарадорликка эга эканлигини кўрсатади. Бу ҳолат ерёнғоқ пўчоғининг ғовак ҳосил қилиш қобилияти ва айлант дарахти қипиғининг юқори карбонизация даражаси ҳамда ароматик тузилиши ўртасидаги синергик таъсир билан изоҳланади.

Шунингдек, тадқиқот натижалари асосида 25 % ерёнғоқ пўчоғи ва 75 % айлант дарахти қипиқлари асосида олинган адсорбентлар учун фаоллаштириш реагентларининг умумий самарадорлик рейтинги ишлаб чиқилди ва мақсадли ифлослантирувчи турига қараб энг мақбул реагентни танлаш мумкинлиги илмий жиҳатдан асосланди. Сорбентларнинг тузилиш механизмлари 3-жадвалда келтирилган.

3-жадвал

Турли фаоллаштирувчи реагентлар таъсирида олинган адсорбентларнинг тузилиш механизми

Т/р	Реагентлар	Асосий механизм
1.	KOH	Микро–мезоғовакли ривожланган структура, айлант қипиғи ҳисобига юқори механик барқарорлик; физик ва қисман кимёвий сорбция;
2.	H ₃ PO ₄	Фосфат, карбоксил ва гидроксил функционал гуруҳлар + ўртача мезоғоваклик;

3.	ZnCl_2	Катта сирт майдони, зич микроҗовакли структура; физик сорбция;
4.	HNO_3	Кислород ва азот сақловчи функционал гуруҳлар орқали кимёвий комплекс ҳосил қилди;
5.	HCl	Минерал қўшимчаларни чиқариб структура очилди;
6.	H_2SO_4	Дегидратация таъсирида микроҗоваклар кўп ҳосил бўлди.

Олиб борилган комплекс тадқиқотлар натижасида 25 % ерёнғоқ пўчоғи ва 75 % айлант дарахти қипиқлари асосида олинган фаоллаштирилган кўмир адсорбентларининг сорбцион самарадорлиги фаоллаштирувчи реагент табиати, ҳосил бўлган җовак тузилманинг ривожланиш даражаси ҳамда адсорбент юзасида шаклланган функционал гуруҳларнинг тури ва зичлиги билан бевосита боғлиқ эканлиги илмий жиҳатдан асосланди.

Тавсия этиладиган сорбент. Умумий таҳлил ва қиёсий баҳолаш натижаларига кўра, 25 % ерёнғоқ пўчоғи ва 75 % айлант дарахти қипиқлари асосида KOH билан фаоллаштирилган адсорбент саноат оқава сувларини тозалашда энг самарали ва универсал сорбент сифатида тавсия этилади. Агар асосий мақсад оғир металл ионларини селектив чиқариб ташлаш бўлса, H_3PO_4 билан фаоллаштирилган адсорбент қўллаш мақсадга мувофиқ ҳисобланади.

Сорбцион самарадорликни баҳолашда оғир металл ионлари (Pb^{2+} , Cd^{2+} , Cr^{6+}) учун

HCl : 85–90% → $C=10\text{--}15$ мг/л → $q=85\text{--}90$ мг/г;

HNO_3 : 92–95% → $C=5\text{--}8$ мг/л → $q=92\text{--}95$ мг/г;

H_2SO_4 : 88–93% → $C=7\text{--}12$ мг/л → $q=88\text{--}93$ мг/г;

KOH : 95–98% → $C=2\text{--}5$ мг/л → $q=95\text{--}98$ мг/г;

H_3PO_4 : 90–94% → $C=6\text{--}10$ мг/л → $q=90\text{--}94$ мг/г;

ZnCl_2 : 91–96% → $C=4\text{--}9$ мг/л → $q=91\text{--}96$ мг/г,

Нефть маҳсулоти чиқиндилари учун

HCl : 80–85% → $C=15\text{--}20$ мг/л → $q=80\text{--}85$ мг/г;

HNO_3 : 90–94% → $C=6\text{--}10$ мг/л → $q=90\text{--}94$ мг/г;

H_2SO_4 : 87–92% → $C=8\text{--}13$ мг/л → $q=87\text{--}92$ мг/г;

KOH : 95–97% → $C=3\text{--}5$ мг/л → $q=95\text{--}97$ мг/г;

H_3PO_4 : 92–95% → $C=5\text{--}8$ мг/л → $q=92\text{--}95$ мг/г;

ZnCl_2 : 93–96% → $C=4\text{--}7$ мг/л → $q=93\text{--}96$ мг/г.

Экспериментал таҳлиллар шуни кўрсатдики, 25 % ерёнғоқ пўчоғи ва 75 % айлант дарахти қипиқлари асосида олинган адсорбентларда фаоллаштирувчи реагент турини мақсадга мувофиқ танлаш орқали оғир металл ионлари ва нефть маҳсулотларига нисбатан селектив сорбцияга эришиш мумкин. Айлант дарахти қипиғининг юқори лигнинли таркиби адсорбентнинг механик ва термик барқарорлигини таъминлаган бўлса, ерёнғоқ пўчоғининг җовак ҳосил қилишга мойил таркиби сорбцион марказлар сонини оширишга хизмат қилди.

Хулоса.

Олиб борилган тадқиқотлар натижасида 25 % ерёнғоқ пўчоғи ва 75 % айлант дарахти қипиқлари асосида тайёрланган фаоллаштирилган адсорбентлар саноат оқава сувларидан оғир металл ионлари ва нефть маҳсулотларини

ажратиб олишда юқори самарадорликка эга эканлиги илмий жиҳатдан асосланди. Фаоллаштириш жараёнида қўлланилган реагент табиати адсорбентнинг ғовак тузилмаси, сирт майдони ва функционал гуруҳлар таркибини белгилаб берувчи асосий омил эканлиги аниқланди. Шундай қилиб, мазкур тадқиқот натижалари чиқиндисиз ва ресурс тежамкор сув тозалаш технологияларини ишлаб чиқиш учун муҳим илмий асос бўлиб хизмат қилади. Амалиёт учун асосий тавсия сифатида, комплекс ифлосланган (оғир металл ионлари + нефть маҳсулотлари) саноат оқава сувларини тозалашда КОН билан фаоллаштирилган 25 % ерёнғоқ пўчоғи ва 75 % айлант дарахти қипиқлари асосидаги адсорбент энг самарали ва истиқболли сорбент сифатида тавсия этилади.

Фойдаланилган адабиётлар.

1. Bansal R.C., Goyal M. *Activated Carbon Adsorption*. – Boca Raton: CRC Press, 2005. – 520 p.
2. Foo K.Y., Hameed B.H. Insights into the modeling of adsorption isotherm systems. *Chemical Engineering Journal*, 2010, Vol. 156, pp. 2–10.
3. Ahmad M.A., Alrozi R. Removal of oil and grease from wastewater using activated carbon derived from agricultural waste. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2014, Vol. 2, pp. 122–130.
4. Tukhtayev F.S., Negmatov S.S., Negmatova K.S., Shonazarova N.U. Aylant daraxti qipiqdari asosida olingan sorbentni har xil harorat oralig'ida sorbsiyalanishini tadqiq qilish//Тошкент Давлат Техника Университети «Кимё-технология соҳасида фан ва таълимни ривожлантириш тенденциялари» Етакчи олимлар иштирокида республика илмий-амалий конференция материаллар тўплами Toshkent-2022, 24-25-ноябрь, 43-45-бет.
5. Tukhtayev F.S., Negmatov S.S., Shonazarova N.U. Study of the degree of sorption of sorbents in $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ solution. EURASIAN JOURNAL OF ACADEMIC RESEARCH. Received: 28th June 2022. Accepted: 01st July 2022. Online: 30th July 2022. pp. 319-323.