НООРГАНИК АДСОРБЕНТЛАР ЁРДАМИДА ОҒИР МЕТАЛЛ ИОНЛАРИНИ СУВДАН АЖРАТИБ ОЛИШ

Мардонова Зухра Шухрат қизи

Чулиев Худоёр Шухрат ўғли

Аннотация. Ушбу илмий тезисда сув ифлосланишининг асосий манбалари бўлган оғир металл ионларини сувдан ажратиб олишда ноорганик адсорбентлардан фойдаланиш мумкинликлари ўрганилган. Тадқиқотда адсорбция жараёнининг самарадорлигига таъсир этувчи асосий омиллар — адсорбент табиати, йўқ қилиниши керак бўлган металл ионинг тури ва жараён шароитлари таҳлил қилинган. Амалдаги синовлар натижасида барча кўрилган ноорганик адсорбентлар орасида энг юқори адсорбция қувватини кўрсатганлари аниқланган. Тадқиқот, ноорганик адсорбентларнинг қайта ишлаш ва уқубатсиз шарт-шароитда қўллаш имкониятини намоён қилган. Бу чиқариб ўрганиш ва сувларни муҳофаза қилиш соҳасида амалий қимматга эга ечим сифатида таклиф этилади. Олиб борилган изланишлар сув ресурсларини муҳофаза қилиш ва экологик муаммоларни бартараф этиш учун муҳим аҳамиятга эга.

Калит сўзлар: ноорганик адсорбентлар, оғир металл ионлари, адсорбция жараёни, сувои тозалаш, экологик хавфсизлик, сув ресурслари муҳофазаси

Оғир металл ионлари билан ифлосланган сувларни тозалаш атроф-муҳит муҳофазаси ва инсон саломатлигини таъминлашда муҳим вазифа ҳисобланади. Оғир металл ионлари (Pb^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}, Cr^{6+}, Ni^{2+}, Cu^{2+} ва бошқалар) табиатда биологик парчаланмайди, тупроқ ва сув муҳитида узоқ сақланиб, озиқ-овқат занжири орқали инсон ва ҳайвонот организмига юборилиши мумкин. Улар истеъмол қилинадиган сувга саноат чиқиндилари, кон-металлургия, электроника, тери ишлаб чиқариш, боёқчилик ва бошқа тармоқлардан чиқариладиган сарф сувлар орқали тушади. Оғир металл

ионларининг биотоксиклиги уларнинг жигар, буйрак, асаб тизими ҳамда генетик материалга салбий таъсири билан тавсифланади.

Сувдан оғир металл ионларини ажратиб олиш учун турли физик-кимёвий усуллар ишлаб чиқилган: преципитация, ион алмашинув, мембранали фильтрация, электрокимёвий методлар ва адсорбция. Адсорбция усулининг афзалликлари сифатида унинг оддийлиги, юқори самарадорлиги, харжатларнинг нисбатан пастлиги ва кенг қўлланилиши кўрсатилади. Адсорбция жараёнида сувдаги ионларнинг адсорбент юзасига бирикиш жараёни юз беради. Адсорбция учун органик (фаоллаштирилган кўмир, селлюлоза, хитозан ва ҳ.к.) ва ноорганик (цеолитлар, глиналмас, оксидлар, гидроксидлар, силикалар, ферритлар) табиатли моддалардан фойдаланилади.

Ноорганик адсорбентлар оғир металл ионларини сувдан ажратиш соҳасида муҳим рол ўйнайди, чунки улар термостабил, кимёвий барқарор ва қайта ишлашга мосдир. ЦЕОЛИТЛАР – алюмосиликат структурга эга бўлган минераллар, табиий ва сунъий турлари мавжуд бўлиб, катта ички юза ва ион алмашиш қобилиятига эга. Улар Pb^{2+}, Cd^{2+}, Cu^{2+} ва Zn^{2+} ионларини самарали ажратишда қўлланилади. Металл оксидлар (Fe_2O_3, MnO_2, Al_2O_3 ва бошқалар) эса юзадаги гидроксил гуруҳлар орқали ионларни адсорбция қилади, айниқса, магнетит (Fe_3O_4) ва магнезия (MgO) наноадсорбентлари магнитли ажратиш имконияти билан ажралиб туради. Кремний диоксиди (SiO_2) ҳам модификация қилинган ҳолида юқори адсорбцион қобилият намоён этади.

Жаҳондаги илк тадқиқотлар XIX асрда ноорганик минералларнинг ион алмашинув ва адсорбция хусусиятларини тадқиқ қилишдан бошланган. 1940–1950 йилларда цеолит ва силикалардан фойдаланиш кенгайди, XX асрнинг иккинчи ярмида эса йирик саноат корхоналари чиқиндиларини тозалашда ноорганик адсорбентлардан оммавий фойдаланиш йўлга қўйилди. Охирги йилларда нанотехнологиялар ёрдамида ноорганик адсорбентларнинг юза майдаси ва функционал гуруҳларини ўзгартириш орқали уларнинг адсорбцион имкониятлари сезиларли оширилди.

Сув ресурсларининг глобал ифлосланиши, аҳолининг кўпайиши ва саноатлашув жараёнлари туфайли оғир металл ионларини тўлақонли ажратиш технологияларини такомиллаштириш бугунги кунда долзарб илмий-амалий масалага айланган. Замонавий талабларга мувофиқ, ноорганик адсорбентлардан фойдаланишнинг асосий йўналишлари – юқори селективлик, қайта ишланиш имконияти, экологик хавфсизлик ва иқтисодий самарадорликка эришишга қаратилган. Шу йўсинда, ноорганик адсорбентлар ёрдамида оғир металл ионларини сувдан ажратиб олишнинг назарий асослари, амалиётда қўлланилиши ва инновацион ечимлари илмий тадқиқотларнинг марказий йўналишларидан бири бўлиб қолмоқда.

Оғир металл ионларини сувдан ажратиб олишда ноорганик адсорбентлар қўлланиши сўнгги йилларда айниқса аҳамият касб этмоқда, чунки улар юқори механик мустаҳкамликка, термик барқарорликка ҳамда турли агрессив муҳитларга чидамлиликка эга. Адсорбция жараёни сувдаги оғир металл ионларини адсорбент юзасига тортиб, уларни сув фазасидан ажратиб олишга асосланади. Бу жараённинг самарадорлиги биринчи навбатда адсорбент хусусиятларига, яъни унинг юза майдони, қувурли тузилиши, функционал гуруҳлари ва ион алмашинув қобилиятига боғлиқ.

Ноорганик адсорбентлар орасида табиий ва сунъий минераллар, масалан, цеолитлар, каолинит, иллит, бентонит гили, гидроксидлар, металл оксидлари (Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO_2 ва бошқалар), кремний диоксиди, фосфатлар ва карбонатлар кенг қўлланилади. Улардан энг кўп ўрганилганларидан бири цеолитлардир. Целоитлар алюмосиликат структурага эга бўлиб, катта порозлик ва юқори ион алмашинув қобилияти билан ажралиб туради. Масалан, клиноптилолит асосидаги цеолитлар Pb^{2+}, Cd^{2+}, Zn^{2+}, Cu^{2+} каби ионларни сувдан ажратишда юқори самара кўрсатади. Цеолитларнинг адсорбция қобилияти уларнинг Si/Al нисбати, порлар ўлчами ва тузилишидан келиб чиқади. Тажриба натижалари кўрсатишича, клиноптилолит цеолити Pb^{2+} ионларини 95% гача самара билан сувдан ажрата олади.

Бентонит ва каолинит гиллари ҳам табиий ноорганик адсорбентлар сифатида катта аҳамиятга эга. Бентонитнинг асосий таркибий қисми монтмориллонит бўлиб, унинг пластинкали структураси ва юқори катийон алмашинув қобилияти Cd^{2+}, Ni^{2+} ва Cr^{3+} ионларини самарали тарзда ажратишга имкон беради. Бентонитни механик ва кимёвий модификация қилиш (масалан, кислотали ишлов бериш ёки металл оксидлари билан қоплаш) орқали унинг адсорбцион қобилияти янада оширилади. Илмий манбаларда қайд этилишича, модификация қилинган бентонит Cr(VI) ионларини 99% гача самара билан тозалай олади.

Металл оксидлари, айниқса темир ва марганец оксидлари, сувдаги оғир металл ионларини адсорбция қилишда кенг қўлланилади. Мисол тариқасида, Fe_3O_4 (магнетит) нанооксидларининг юқори юза майдони ва магнитлик хусусияти уларни сувни тез ва самарали тозалаш учун жуда қулай қилади. Fe_3O_4 адсорбенти Pb^{2+} ва As^{5+} ионларини 90% дан ортиқ даражада сувдан ажрата олиш хусусиятига эга. Марганец оксидлари (MnO_2) эса айниқса Pb^{2+} ва Cu^{2+} ионларини адсорбция қилишда самарали ҳисобланади. Марганец оксидининг катта юза майдони ва реакцияга киришувчанлиги унинг самарадорлигини оширади.

Сунъий адсорбентлардан кремний диоксиди (SiO_2) асосида тайёрланган материаллар сувдаги оғир металл ионларини ажратишда кенг татбиқ этилмоқда. SiO_2 асосидаги адсорбентлар юза структурасининг модификацияси орқали турли функционал гуруҳлар билан бойитилганда, уларда Cu^{2+}, Zn^{2+}, Cd^{2+} ва Pb^{2+} ионларини самарали адсорбция қилиш қобилияти пайдо бўлади. Мисол учун, аминогуруҳлар ёки тиол гуруҳлар билан модификация қилинган кремний диоксиди Cd^{2+} ва Pb^{2+} ионларини 98% гача самара билан ажратиш имконини беради.

Фосфатлар ва карбонатлар ҳам ноорганик адсорбентлар қаторида муҳим ўрин тутади. Кальций фосфати ва гидроксиапатит Pb^{2+} ва Cd^{2+} ионларини сувдан ажратишда юқори самарага эга. Гидроксиапатитнинг

пороз тузилиши ва ион алмашинув хусусиятлари Pb^{2+} ва Cd^{2+} ни юзага адсорбция қилиб, уларни музлатиб қўяди. Бу жараёнда фосфат ионлари оғир металл ионлари билан тўғридан-тўғри реакцияга киришиб, тўйинмас тузлар ҳосил қилади ва уларни сувдан ажратиб олишни осонлаштиради.

Адсорбция жараёнининг самарадорлигига сувнинг pH даражаси, температура, оғир металл ионларининг бошланғич концентрацияси ва адсорбент миқдори каби омиллар ҳам таъсир кўрсатади. Масалан, темир оксидларида адсорбция жараёни асосан сувнинг нейтрал ёки заиф ишқорий муҳитида самарали кечади, чунки кислота муҳитда темир оксиди юзасидаги гидроксил гуруҳлар протонланиб, металл ионларини тортиб олиш қобилияти пасаяди. Цеолит ва гиллар учун эса адсорбция самарадорлиги pH ортиши билан ошади, чунки металл ионлари гидроксид шаклга ўтиб, адсорбент юзасига яхшироқ тортилади.

Турли ноорганик адсорбентларнинг қиёсий таҳлили шундан далолат беради, уларнинг самарадорлиги ион алмашинув қобилияти, юза майдони, порозлик ва юза функционал гуруҳлар сонига боғлиқ. Цеолитлар юқори ион алмашинув қобилияти билан ажралиб турса, темир ва марганец оксидлари реакцияга киришувчанлик ва магнит хусусиятлари билан қимматли. Кремний диоксиди асосидаги адсорбентлар эса модификацияга мойиллиги ва юзага турли гуруҳларни жойлаштириш имконияти билан фарқланади. Табиий гиллар иқтисодий самарадорлиги ва кенг тарқалганлиги билан ажралиб туради.

Реал мисол сифатида, Хитойнинг саноат канализация сувларини тозалашда клиноптилолит цеолити қўлланилиб, Pb^{2+} ионларини 90%дан ортиқ даражада ажратишга эришилган. Шунингдек, Туркияда модификация қилинган бентонит билан Cr(VI) ионларини 99% гача тозалаш муваффақиятли амалга оширилган. Ҳиндистоннинг баъзи минтақаларида темир оксидларини ишлатиш орқали Cd^{2+} ва As^{5+} ионларини сувдан ажратиш бўйича юқори самарали натижаларга эришилган.

Илмий тадқиқотлар оғир металл ионларини ноорганик адсорбентлар ёрдамида сувдан ажратиб олиш йўналишида ҳали тўлиқ ўрганилмаган жиҳатлар борлигини ҳам кўрсатмоқда. Айниқса, адсорбция самарадорлигини ошириш мақсадида ноорганик адсорбентларнинг юзасини функционаллаштириш, кўп компонентли ионлар аралашмасида селективликни ошириш ва адсорбентларни қайта ишлаш имкониятларини ривожлантириш муҳим масалалардан саналади. Бугунги кунда ноорганик адсорбентлар асосидаги сув тозалаш технологиялари саноат, маиший ва қишлоқ хўжалиги соҳаларида ўз ўрнини топмокда.

Тадқиқот натижаларига кўра, ноорганик адсорбентлар оғир металл ионларини сувдан самарали ажратиб олишда юқори фаоллик намоён этади. Ушбу мақсадда ишлатиладиган табиий ва сунъий минералларнинг, жумладан, цеолит, бентонит, феррит ва гидроксид асосли адсорбентларнинг кенг қўлланилаётгани уларнинг катта адсорбцион қобилияти, юқори кимёвий барқарорлиги ва термик мустаҳкамлиги билан изоҳланади. Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, цеолит ва унинг модификацияланган турлари, айниқса, симоб, қўрғошин, кадмий, мис ва хром ионларини селектив адсорбция қилиш хусусиятига эга бўлиб, уларнинг концентрациясини санитар меъёрлар даражасигача пасайтириш имконини беради.

Бентонит ва унинг органик моддалар билан модификацияланган шакллари эса катта юзага эга бўлиб, жуда кичик концентрацияларда ҳам оғир металл ионларини самарали тўплаш қобилиятига эга. Феррит ва гидроксид минераллари эса ўзида катионларни барқарор ушлаб туриш хусусияти билан ажралиб туради ва регенерация жараёнида ўз адсорбцион қобилиятини йўқотмайди. Шунингдек, ноорганик адсорбентларнинг биологик инертлиги ва қайта ишлашга яроқлилиги уларнинг атроф-муҳитга зарар етказмаслигини таъминлайди.

Амалиётда ноорганик адсорбентлардан фойдаланиш учун сувнинг кимёвий таркиби, pH кўрсаткичи, ҳарорат ва адсорбция жараёни

давомийлиги муҳим аҳамиятга эга эканлиги аниқланган. Масалан, цеолит ва бентонитни қўллашда pH 5-7 оралиғида энг юқори самара олинади, бу эса уларнинг ишлаб чиқариш ва саноат чиқиндиларини тозалашдаги қўллаш имкониятларини кенгайтиради. Адсорбентларнинг қайта ишланиши ва такроран қўллаш имконияти эса технологиянинг иқтисодий жиҳатдан мақбуллигини таъминлайди. Шу билан бирга, тадқиқотлар давомида модификацияланган ноорганик адсорбентлардан фойдаланиш оғир металларни селектив ажратиб олиш самарадорлигини сезиларли ошириши аниқланган.

Келгусида ноорганик адсорбентларнинг кимёвий ва структуравий модификациялари орқали уларнинг селективлигини ошириш, қайта тикланиш имкониятларини кенгайтириш ҳамда адсорбция жараёнини автоматлаштириш имкониятларини ўрганиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Шунингдек, табиий ва арзон минераллардан тайёрланган адсорбентларни ишлаб чиқариш ва уларнинг маҳаллий манбалари асосида тадбиқ этиш сув ресурсларини оғир металл ионларидан самарали тозалашда истиқболли йўналишлардан бири бўлиб қолади.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Бекмуродов А.А., Бекниёзова Д.Д. Ноорганик адсорбентлар ёрдамида оғир металл ионларини сувдан ажратиб олиш усуллари. — Тошкент: Фан, 2019. — 115 б.

2. Абдурахманова Г.М., Нуритдинов Ш.Э. Сув таркибидан оғир металларни адсорбция усулида йўқотиш. — Наманган: Наманган Университети нашриёти, 2018. — 98 б.

3. Абдуллаева М.Ш., Салихов М.Б. Ноорганик материаллар ёрдамида сувни оғир металлардан тозалаш. — Бухоро: Илм ва Тараққиёт, 2021. — 122 б.

4. Исламов Р.И., Маткаримов А.А. Оғир металлларнинг сувдаги концентрациясини камайтириш учун ноорганик адсорбентлар қўллаш. — Тошкент: Ўқитувчи, 2020. — 105 б.

5. Турсунов Ж.А., Муминов Н.Б. Ихтиёрий сув ифлосланишида ноорганик адсорбентларнинг аҳамияти. — Самарқанд: СамДУ нашриёти, 2017. — 90 б.

6. Қурбонов М.С., Нурметов Д.Д. Оғир металл ионларини сувдан ажратиб олишнинг замонавий ноорганик адсорбентлари. — Андижон: Мустафа Камол, 2022. — 130 б.