

ӘОЖ: 544.77

СУЛЫ ЕРІТІНДІЛЕРДІ МЕТАЛДАРДЫҢ ИОНДАРЫНАН ТАЗАРТУДАҒЫ ЦЕОЛИТТИ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ АДСОРБЦИЯЛЫҚ ТИІМДІЛІГІ

Қонақбаева Саида Қайратқызы

saida0898@bk.ru

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Жаратылыстану ғылымдары факультетінің «М089-Физикалық химия» мамандығының 2 курс магистранты

Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Ғылыми жетекшісі – А.С.Уәли

Индустрияландыру процесінің нәтижесінде металдардың иондары қоршаған ортаға қалдықтар түрінде шығарылады, бұл топырақтың ластануына және судың ластануына әкеп соғады. Тіпті өте төмен деңгейде суда металл иондарының болуы экожүйеге және адам өміріне зиян келтіруі мүмкін, өйткені олар биологиялық ыдырауға ұшырамайды [1].

Сулардан ауыр металдарды жою үшін пайдаланылатын әдістерге қалпына келтіру және тұндыру, коагуляция және флотация, адсорбция, ион алмасу, мембраналық технология және электролизді қамтиды. Алайда, осы әдістердің көпшілігі екіншілік ластайтын қоспалардың болуы, төмен тиімділік, сондай-ақ жоғары пайдалану және инвестициялық шығындар сияқты кемшіліктерге ие [2].

Көптеген әдебиеттерде [3-5] көрсетілген әртүрлі физика-химиялық әдістерге қарамастан, су ресустарына қойылатын талаптарды қанағаттандыра алатын қажетті тазарту деңгейіне жету мүмкін емес. Бұл суды тазарту технологиясын жетілдіруді қажет етеді, ал табиғи және ағынды суларды тазарту технологиясының тиімді тәсілдерінің бірі адсорбция болып табылады.

Адсорбция су ерітінділерінен металл иондарын тазарту үшін кеңінен қолданылады, өйткені адсорбция өте төмен концентрациялар, мерзімді және үздіксіз процестерді пайдалану үшін жарамдылық, пайдалану қарапайымдылығы, тұнбаның аз пайда болуы, регенерация және қайта пайдалану мүмкіндігі және төмен күрделі шығындар кезінде қосымша артықшылықтарға

ие. Суды металл иондардан тазалаудың адсорбциялық әдісінің тиімділігі бірінші кезекте адсорбенттің адсорбциялық сипаттамаларына байланысты. Осылайша, жоғары адсорбциялық қабілетке ие, термодинамикалық және кинетикалық қасиеттері бар, құны төмен адсорбентті дайындау - зерттеушілердің басты мақсаты болып табылады [6].

Органикалық адсорбенттерге қарағанда бейорганикалық кеуекті материалдардың меншікті беті үлкен және химиялық және биологиялық жағынан тұрақты, сондай-ақ олардың құрылымы, мөлшері мен құрамы тұрақты болып келеді. Бейорганикалық адсорбенттер ішінде силикатты адсорбенттің құны төмен, тұрақты және қоршаған орта үшін зиянсыз болып келеді. Силикатты адсорбенттердің барлығының тазарту дәрежесі өте жоғары (95-96% дейін). Ең типтік силикатты адсорбент цеолит болып табылады [7].

Цеолиттер – бұл SiO_4 және AlO_4 тетраэдрінің үш өлшемді қаңқасынан тұратын бірегей кристалды құрылымы бар сілтілі және сілтілі жер элементтерінің гидратталған алюмосиликаттар. Цеолиттің құрылымында теріс зарядталған бет бар, ол металдарды адсорбциялау үшін пайдаланылады. Цеолиттерді экологиялық мақсаттар үшін пайдалану негізінен олардың қасиеттері мен бүкіл әлемде таралуына байланысты барлық жаңа ғылыми мүдделерге ие болуда. Цеолит құрамында үш тәуелсіз компонент табылған: алюмосиликат қаңқасы, алмасу катиондары және цеолиттік су. Цеолиттердің жалпы химиялық формуласы $\text{M}_{x/n}[\text{Al}_x\text{Si}_y\text{O}_{2(x+y)}] \cdot p\text{H}_2\text{O}$, мұндағы $\text{M} = (\text{Na}, \text{K}, \text{Li})$ немесе $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Ba}, \text{Sr})$, $y/x = 1-6$, $p/x = 1-4$ [8].

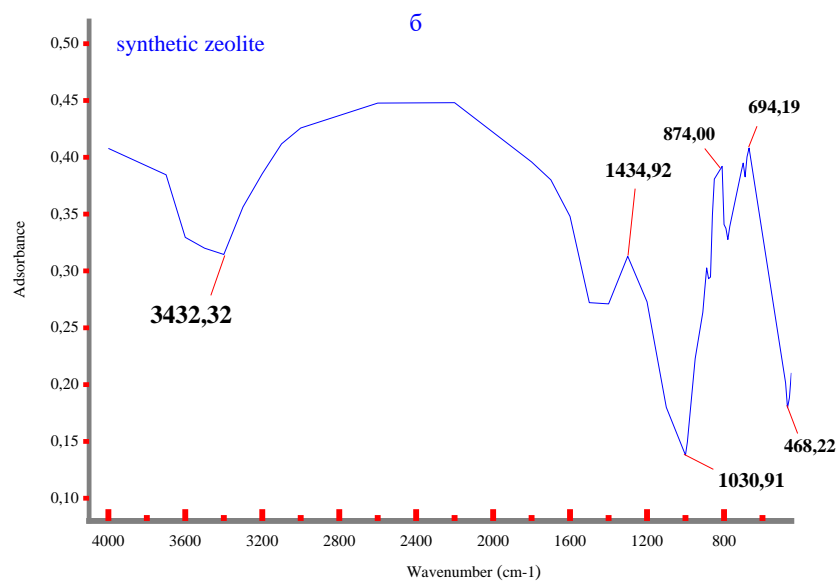
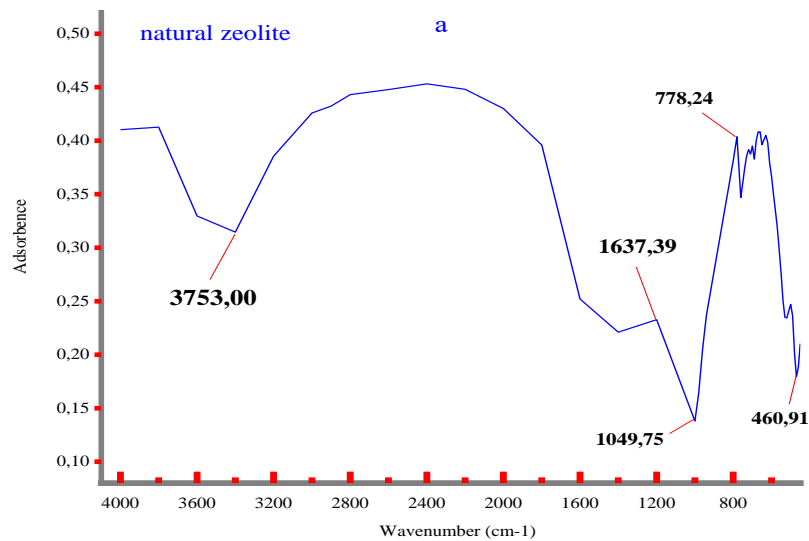
Табиғи және ағынды суларды цеолитті адсорбенттер көмегімен тазарту процесі қазіргі кездегі ең перспективалы әдіс болып табылады. Соңғы онжылдықта цеолиттерді аммоний мен ауыр металдарды жоюға пайдалануда және осыған байланысты шолу жұмыстары пайда болды. Сонымен қатар, соңғы жылдары су жүйелерін аниондар мен органикалық заттардан тазарту үшін де цеолитті адсорбенттер қолдануда [9].

Жұмыстың мақсаты: Сулы ерітінділерді металдардың иондарынан цеолиттер көмегімен адсорбциялық тазартудың тиімді режимін ұсыну. Цеолитті материалдың адсорбциялық қабілеті, сондай-ақ ағынды суларды тазартуда қолданылуы қарастырылады.

Цеолиттің адсорбцияға қабілетті беттік функционалды топтарын анықтау мақсатында ИҚ-талдауы жүргізілді.

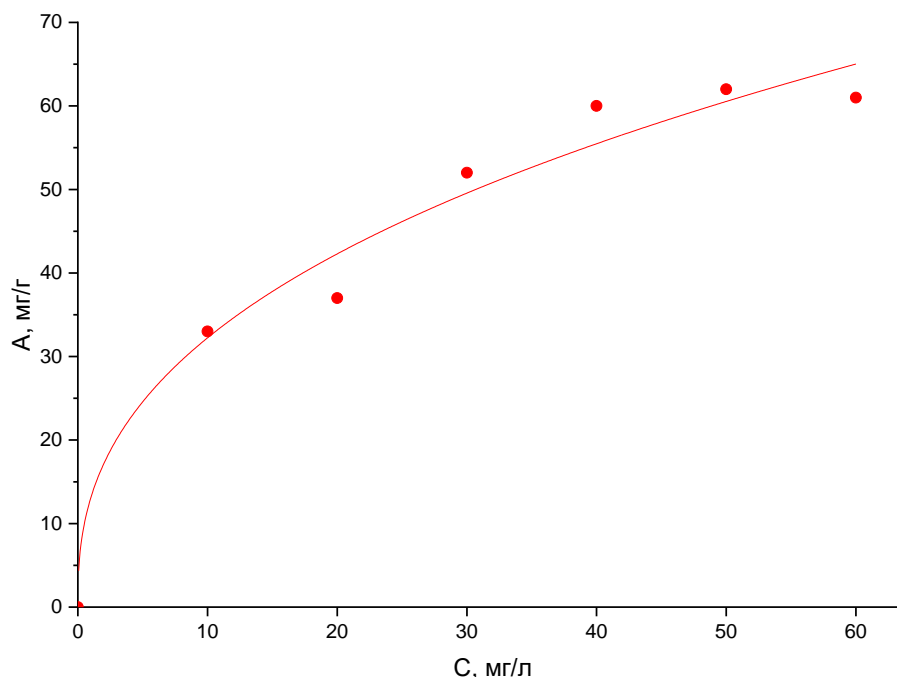
Табиғи цеолиттің ИҚ спектрінде (1а-сурет) 3753 см^{-1} шыңы цеолит суының болуымен байланысты, ал $1637,39 \text{ см}^{-1}$ жолағы цеолиттің табиғи түрінде су молекулаларының деформациялық тербелістері бар екенін айқындайды. Әрі қарай, $1049,75$ және $778,24 \text{ см}^{-1}$ шыңдары Al-O-Si және Si-O-Si топтарының тербелістеріне сәйкес келеді. Ал, $460,91 \text{ см}^{-1}$ жиілігі Al-O₄ деформациялық ауытқуларын сипаттайтын шың.

NaX типтік синтетикалық цеолиттің үлгісінің ИҚ-спектрлерінде (1б-сурет) цеолиттік суға және су молекулаларына сәйкес келетін алғашқы екі шыңның ығысуы байқалады. Сонымен қатар, силикат және алюмосиликат топтарына сәйкес келетін шыңдар ($1049,75$ және $778,24 \text{ см}^{-1}$) цеолиттің синтетикалық түрінде қарқындылық мен ені төмендейтінін көрсетеді. Синтезделген цеолиттерде $694,19 \text{ см}^{-1}$ жаңа шыңның пайда болуы айқын көрінеді, бұл цеолиттердің құрылымында 4- және 6- қосмүшелі сақиналар кіретінін дәлелдейді. Синтезделген үлгілердің барлық спектрінде осы жолақтың болуы оның ZSM типіне жататындығын көрсетеді [10].



1-сурет. Табиғи (а) және синтетикалық (б) цеолиттің ИҚ-спектрлері

Тазарту процесін зерттеген кезде судан металл иондарын да, органикалық заттардың молекулаларын да шығаратын адсорбенттер жасауға көп көңіл бөлу керек. Көптеген негізгі бояулардың ішінен, ең көп зерттелген бояу - метилен көгі. Метилен көгі жұмыс үшін адсорбат ретінде тандалды, өйткені ол қатты адсорбенттерде күшті адсорбциясымен танымал. Метилен көгі силикатты адсорбенттердің теріс зарядталған беттерінде адсорбцияланатын оң зарядталған органикалық молекула. Осыған байланысты цеолит бетіндегі метилен көгі бояуының адсорбциясының ерекшеліктері зерттелді (2-сурет).



2-сурет. Метилен көгінің цеолит бетіндегі адсорбциясының изотермасы (298 К)

Адсорбция изотермаларын сипаттау үшін Ленгмюр мен Фрейндлих теңдеулері қолданылды.

Кесте 1

Метилен көгінің цеолит бетіндегі адсорбция изотермасын Ленгмюр мен Фрейндлих теңдеулері бойынша сипаттау

| Теңдеулер | Параметрлер | Мәні |
|-----------|----------------------|-------|
| Ленгмюр | A_{\max} , ммоль/г | 4,07 |
| | K_L , г/ммоль | 0,13 |
| | C_p , мг/л | 35 |
| Фрейндлих | A , ммоль/г | 0,998 |
| | K_F | 2,5 |
| | $1/n$ | 0,41 |

Кестедегі нәтижелер бойынша, метилен көгінің цеолит бетіндегі адсорбциясында максималды адсорбция 4,07 ммоль/г, ал тепе-теңдік константасы 0,13 г/ммоль тең. Ал, Фрейндлих константасы 0,41-ге тең. Осы мәндердің бәрі метилен көгінің цеолит бетімен әрекеттесу энергиясын сипаттайды.

С.Брунауэр, П.Эммет пен Э. Теллер (БЭТ) ұсынған классификацияға сәйкес адсорбция изотермасы II типке жатады [11]. II тип изотермасы кеуекті емес немесе макрокеуекті адсорбенттердегі полимолекулалық адсорбцияны көрсетеді. Полимолекулалық адсорбцияда бояу катиондары цеолит бөлшектерінің бетінде силикатты аниондарға электростатикалық тартылу есебінен моноқабаттар түзеді. Ал, моноқабаттар адсорбцияланған полярлы емес топтар арасындағы гидрофобты өзара әрекеттесулерге байланысты бояудың келесі қабатын қосып алады.

Қорытындылай келсек, метилен көгінің цеолит бетіндегі адсорбция изотермасының негізінде метилен көгінің концентрациясы өскен сайын цеолиттің адсорбциялық сыйымдылығы өсетіні анықталды. 40-50 мг/л бояғыштың бастапқы концентрациясының интервалында адсорбция 60 мг/г жетеді, бұл суды тазартудың 92-95% дәрежесіне сәйкес келеді. Алынған нәтижелер негізінде сулы ерітінділерді органикалық молекулалардан цеолитті адсорбенттер қатысында адсорбциялық тазартудың тиімді режимін анықтадық.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Badawy N.A., El-Bayaa A.A., AlKhalik E.A. Vermiculite as an exchanger for copper (II) and Cr (III) ions, kinetic studies. – 2010. – P.733-739.
2. Mahdavi S., Jalali M., Afkhami A. Heavy metals removal from aqueous solutions using TiO₂, MgO and Al₂O₃ nanoparticles. Chemical Eng. Commun. – 2013. – P. 448-470.
3. Василенко Л.В., Никифоров А.Ф., Лобухина Т.В. Методы очистки промышленных сточных вод: учеб. пособие. - Екатеринбург: Урал.гос.лесотехн. университет, 2009. - 174 с.
4. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. -М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. -704 с.
5. Матниязова Г.К. Интенсификация процесса очистки мутных вод от взвешенных частиц: дис.на соискание ученой степени доктора философии (PhD). -Тараз., 2012. - 137с.
6. Katsou E., Malamis S., Haralambous K.J. Industrial waste water pre-treatment for heavy metal reduction by employing a sorbent-assisted ultrafiltration system. Chemosphere 82. – 2011. – P.557-564.
7. Zhang J., Zhu Y. Synthesis and characterization of CeO₂-incorporated mesoporous calcium-silicate materials. Microporous Mesoporous Mater., 197. – 2014. – P. 244-251.
8. Bish D.L., Ming D.W. Applications of natural zeolites in water and wastewater treatment. Natural Zeolites: Occurrence, Properties. – 2001. – P.519–550.
9. Kaya A. and Durukan S. Utilization of bentonite-embedded zeolite as clay liner. Applied Clay Sci., 25. – 2004. – P.83-91.
10. Коваль Л.М., Коробицина Л.Л., Восмериков А.В. Синтез, физико-химические и каталитические свойства высококремнеземных цеолитов. – Томск: Изд-во ТГУ, 2001.
11. Колпакова Н.А. Термодинамика и кинетика сорбционного концентрирования. Часть I: учебное пособие / Н.А. Колпакова, Т.С. Минакова. – Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2011. – 201 с.