



Ikromjon MAMADOLIYEV,
Toshkent Kimyo xalqaro universiteti Samarqand filiali dotsenti v.b., PhD
E-mail: I.Mamadoliyev@kiut.uz
Aziza ABDIKAMALOVA,
O'z RFA Umumiy va noorganik kimyo instituti k.i.x., k.f.d
Oliya SHARIPOVA,
Toshkent Kimyo xalqaro universiteti Samarqand filiali dotsenti, t.f.d

SamDTU professori, t.f.n. Q.Xalikov taqrizi asosida

ADSORBENTLAR YARATISH UCHUN NAVBAHOR BENTONITINING TARKIBI VA STRUKTURAVIY XUSUSIYATLARINI O'RGANISH

Аннотация

Bentonit namunalarining tuzilishi va tarkibini aniqlash uchun rentgenofazali, elektron mikroskopik, termik va spektral kabi tahlillar o'tkazildi. Rentgen diffraktogramma XRD Empyrean PANanalytical rentgen diffraktometrida zamonaviy diffraktometr tadqiqot jarayonini avtomatlashtirish, va PDWin va PELDos dasturiy paketlaridan foydalangan holda shaxsiy kompyuter yordamida ma'lumotlarni yozib olish va qayta ishlash imkonini beradi. Dioktaedrik strukturali montmorillonit refleksi $d_{020} = 0.446$ nm bo'lishi uning qatlamli joylashuvda tetraedrik kremniy qatlami bilan ajratib turuvchi ikkita oktaedrik alyuminiy yoki magniy qatlami borligini tasdiqlaydi. Montmorillonit minerali asosiy sorbsion aktivligi B1 gil namunasida 54-56 mas%, B2 namuna esa taxminan 54-57 mas% tashkil qiladi.

Kalit so'zlar: Ishqoriy (B1) va ishqoriy yer (B2) gil, bentonit, montmorillonit, Adsorbsiya izotermasi, katalizator, solishtirma sirt yuza, g'ovakning o'rtacha o'lchami.

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА И СТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ НАВБАХОРСКОГО БЕНТОНИТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ АДСОРБЕНТОВ

Аннотация

Для определения структуры и состава образцов бентонита были проведены рентгеноструктурный, электронно-микроскопический, термический и спектральный анализы. Рентгеновская дифрактограмма Рентгеновский дифрактометр XRD Empyrean PANanalytical Современный дифрактометр позволяет автоматизировать процесс исследования, а также производить регистрацию и обработку данных с помощью персонального компьютера с использованием программных пакетов PDWin и PELDos. Тот факт, что монтмориллонит с диоктаэдрической структурой имеет отражение $d_{020} = 0,446$ нм, подтверждает, что его слоистая структура состоит из двух октаэдрических слоев алюминия или магния, разделенных тетраэдрическим слоем кремния. Основная сорбционная активность минерала монтмориллонита составляет 54-56 мас.% в образце глины B1 и около 54-57 мас.% в образце B2.

Ключевые слова: Щелочная (B1) и щелочноземельная (B2) глина, бентонит, монтмориллонит, изотерма адсорбции, катализатор, удельная поверхность, средний размер пор.

STUDYING THE COMPOSITION AND STRUCTURAL PROPERTIES OF NAVBAKHOR BENTONITE FOR THE CREATION OF ADSORBENTS

Annotation

To determine the structure and composition of bentonite samples, X-ray phase, electron microscopic, thermal and spectral analyses were carried out. X-ray diffractogram XRD Empyrean PANanalytical X-ray diffractometer allows for automation of the research process, and data recording and processing using a personal computer using the PDWin and PELDos software packages. The presence of a dioctahedral montmorillonite reflex $d_{020} = 0.446$ nm confirms the presence of two octahedral aluminum or magnesium layers separated by a tetrahedral silicon layer in its layered arrangement. The main sorption activity of the montmorillonite mineral is 54-56 wt% in the B1 clay sample, and about 54-57 wt% in the B2 sample.

Key words: Alkaline (B1) and alkaline earth (B2) clay, bentonite, montmorillonite, Adsorption isotherm, catalyst, specific surface area, average pore size.

Kirish. Tabiiy seolitlar SiO_4 va AlO_4 tetraedradan tashkil topgan kristalli aluminosilikatlar bo'lib, yuqori sirt yuzasi, bir xil va aniq mikro'ovaklik, tanlab ta'sir etuvchanligi, yuqori ion almashinish qobiliyati, kuchli Brensted kislotasi va yuqori termal va gidrotermik barqarorlikka ega ekanligi bilan ajralib turadi [1]. Shuning uchun mezog'ovakli tuzilishga ega bo'lgan yuqori kremniyli seolitlar ion almashinuvi [2], katalizatorlar, membranani ajratish va adsorbentlar kabi ko'plab atrof-muhit va sanoatning boshqa sohalarida keng qo'llanilgan [3].

Mezog'ovakli tuzilishga ega bo'lgan yuqori kremniyli seolitlarni sintez qilish uchun ishlatiladigan asosiy xom ashyo kremniy va alyuminiyning turli manbalari bo'lib, ular odatda natriy silikatlar, natriy alyuminat, alyuminiy tuzlari yoki kolloid kremniydan iborat. Biroq, mezog'ovakli tuzilishga ega bo'lgan yuqori kremniyli seolitlarni sintez qilishning an'anaviy usullari odatda kimyoviy reagentlarni boshlang'ich material sifatida yoki gidrotermik sharoitda gel yoki shaffof eritmadan kristallanishni o'z ichiga oladi, bu esa yuqori narx, haddan tashqari chiqindilar va atrof-muhit uchun noqulay tabiatning kamchiliklariga ega [4,5]. Shuning uchun mezog'ovakli tuzilishga ega bo'lgan yuqori kremniyli seolitlarni tejankor sintez qilish uchun ko'plab urinishlar

olib borilmoqda. Umuman olganda, tabiiy aluminosilikat va silikat minerallari keng o'rganilgan, chunki ular tejamkor rekursorlardir va sintez xarajatlarini kamaytirishga olib kelishi mumkin. Hozirgacha kaolinit, bentonit [6], dala shpati va boshqa prekursorlar kabi tabiiy minerallardan mezog'ovakli tuzilishga ega bo'lgan yuqori kremniyli seolitlarni sintez qilish bo'yicha ko'plab tadqiqotlar o'tkazildi[7].

Oqava suvlarni samarali tozalashga qodir yangi nanosorbentlarni ishlab chiqish maqsadida O'zbekistonning tabiiy boyliklarini, shu jumladan Navoiy konidagi gillarni o'rganish katta nazariy va amaliy ahamiyatga ega[8].

Ayni paytda jahonda suvni tozalash muammosi ekologik va texnologik chaqiriqlar oldingi o'rinda eng dolzarb muammo bo'lib turadi. Chuchuk suv resurslari tobora cheklanib bormoqda va suv resurslarining sanoat, qishloq xo'jaligi va maishiy chiqindilar bilan ifloslanishi jiddiy ekologik oqibatlariga olib keladi. Ushbu muammo aksariyat mamlakatlar, shu jumladan O'zbekiston Respublikasi uchun ham dolzarbdur[9].

Tadqiqot metodologiyasi. Ayni paytda jahonda suvni tozalash muammosi ekologik va texnologik chaqiriqlar oldingi o'rinda eng dolzarb muammo bo'lib turadi[10]. Chuchuk suv resurslari tobora cheklanib bormoqda va suv resurslarining sanoat, qishloq xo'jaligi va maishiy chiqindilar bilan ifloslanishi jiddiy ekologik oqibatlariga olib keladi. Ushbu muammo aksariyat mamlakatlar, shu jumladan O'zbekiston Respublikasi uchun ham dolzarbdur[11].

O'zbekistonda suv resurslari qishloq xo'jaligi va aholini ichimlik suvi bilan ta'minlash uchun muhim ahamiyatga ega. Respublikamizda smektit guruhi minerallari asosida funksional materiallar – samarali adsorbentlar va katalizatorlar ishlab chiqarish texnologiyasini modernizatsiya qilish bo'yicha salmoqli natijalarga erishilgan[12].

Maqbul sorbentlarni aniqlash maqsadida Navbahor konining (Navoiy viloyati) montmorillonit saqlagan gillari tadqiq qilindi. Bentonit namunalarning tuzilishi va tarkibini aniqlash uchun rentgenofazali, elektron mikroskopik, termik va spektral kabi tahlillar o'tkazildi.

Tahlil va natijalar. Namunalarning elektron mikroskopik tasvirlari va elementar tarkibi haqidagi ma'lumotlar EVO MA10 SEM skanerlash elektron mikroskopi yordamida olingan. Mikroskop tabiiy muhit rejimida (0,1 atm. qoldiq bosimda) tadqiqot o'tkazish funksiyasiga ega bo'lib, namuna bo'limlarini tayyorlash uchun Magnum ion kolonkasi bilan jihozlangan va ichki tuzilmani qatlam-qatlam tahlil qiladi. Ishqoriy (B1) va ishqoriy yer (B2) gil namunalari o'xshash oksidlarni o'z ichiga qamrab olgan bo'lib, bu bentonit gillarining odatiy tarkibini aks ettiradi. Biroq, namunalar orasida ba'zi oksidlarning konsentratsiyasida farqlar mavjud. Namunalarda asosiy komponentlar sifatida SiO_2 va Al_2O_3 mavjud bo'lib, bu bentonit gillari uchun xosdir. Ikkala namunada turli miqdorlarda Fe_2O_3 , FeO , P_2O_5 , SO_3 va CO_2 mavjud.

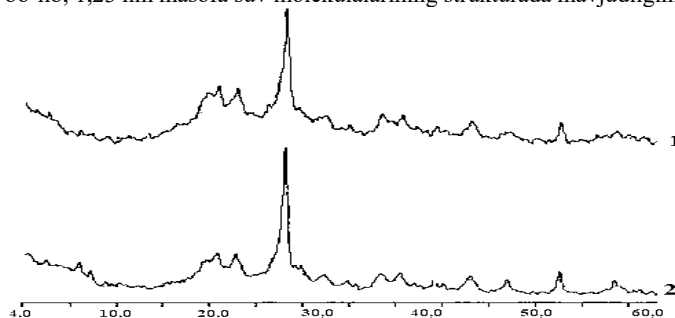
Tahlil va natijalar. Tabiiy gilning kimyoviy tarkibi analitik kimyo usulida quydagi oksidlar borligi aniqlandi.

Tabiiy bentonit gili namunalari kimyoviy tarkibi % massa birligi (1-jadval)

Namuna	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	SO_3	CO_2	6,6.
Ishqoriy B1	57,8	15,1	2,6	2,3	0,8	1,3	3,1	1,5	0,2	0,4	0,4	14,5
Ishqoriy yer B2	61,2	15,9	2,3	3,1	3,2	3,1	1,1	0,6	0,3	0,3	0,3	8,5

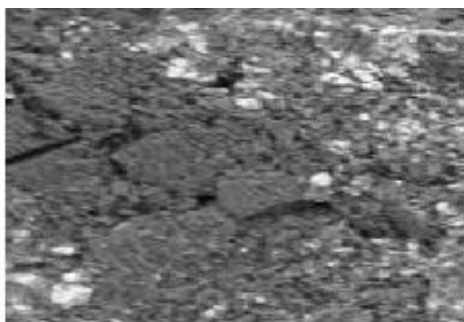
Bundan tashqari o'rganilayotgan namunalarning mineralogik tarkibi rentgen fazaviy tahlillar asosida aniqlandi (2-rasm).

B1 namuna uchun montmorillonit 1,781; 1,413; 0,455; 0,169; 0,166; 0,150 nm dagi reflekslar bilan aniqlangan. Ushbu namunadagi montmorillonit 1,23 nm oraliq masofaga ega d001 refleksi bilan aniqlangan bo'lib, undagi montmorillonit qatlamlarining xarakterli tuzilishini ko'rsatadi. Tabiiy sharoitda montmorillonit qatlamlari orasida suv molekullari mavjud bo'lishi mumkin bo'lib, 1,23 nm masofa suv molekullarining strukturada mavjudligini aks ettiradi.

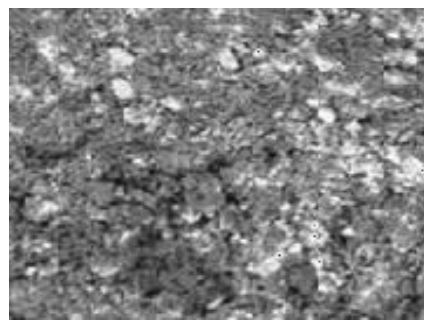


2-rasm. Bentonit namunalari diffraktogrammalari:
1) B1; 2) B2.

$d_{001}=1,47$ refleksi shuni ko'rsatadiki, B2 namunasidagi montmorillonit asosan kalsiyli va magniyli shakllarda ifodalanadi. $d_{020}=0,446$ nm refleksning mavjudligi montmorillonitning dioktaedral tuzilishini tavsiflaydi, bu esa kremniyning tetraedrik qatlami bilan ajratilgan alyuminiy yoki magniyni ikki oktaedrik qatlamlaridan tashkil topgan qatlamli tuzilishini tasdiqlaydi. Ushbu tuzilish montmorillonitlarga xos, biroq $d_{001}=1,47$ nm reyleks mineral qatlamlari orasida qo'shimcha suv molekullari yoki boshqa moddalar bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi, bu esa qatlamlararo kationlar sifatida kalsiy va magniy borligidan dalolat beradi. Shunga ko'ra, bu natriy montmorillonitlarga nisbatan ushbu bentonitning suv yutish qobiliyati va plastikligini oshirishi mumkin.



3-rasm. B1 namunaning mikrotasviri.



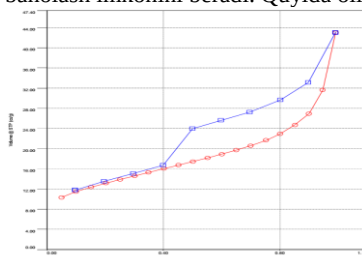
4-rasm. B2 namunaning mikrotasviri.

B1 namunasining mikrotasvirlarida montmorillonit asosan mikro va ultramikroagregatlar ko'rinishida tasvirlangan. Ma'lum joylarda bir-biridan turlicha masofada va chetki sohalarida joylashgan nayzasimon yirik zarrachalar aniqlangan. B2 namunasida esa montmorillonit kristallarining xarakterli taqsimoti o'zgacha tus olgan bo'lib, uning boshqa minerallar bilan yondosh joylashganini ko'rsatadi. Bunday agregatlar odatda 20 dan 80 mkm gacha bo'lib, turli xil zichlikda qurilgan barglar shakliga qiyosdir. Montmorillonit kristallarining o'ziga xos morfologik ko'rsatkichlari rentgen nurlari diffraksiyasi va termik tahlillar natijalariga mosdir (3- va 4-rasm). B1 va B2 namunalarining energodispersion tahlil natijalariga ko'ra elementlarning kamayishi quyidagi ketma-ketlikda joylashgan: O, Si, Al, Na, Ca va boshqalar, ularning konsentratsiyasi esa gil namunasining turiga qarab o'zgaradi. Asosiy sorbsion faol mineral hisoblangan montmorillonit B1 namunada uchun 54-56 % ni va B2 uchun taxminan 54-57 % tashkil qiladi. Namunalarda kimyoviy tahlilga ko'ra O, Su, Al, Na va Ca kabi kimyoviy elementlarning turli tarkibda bo'lishini ko'rsatdi, bu turli mineralogik tarkibni va gillarning xususiyatlaridagi potensial farqlarni ko'rsatdi.

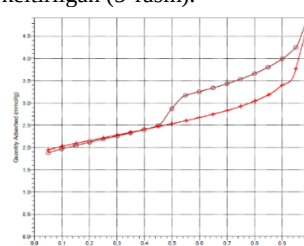
Shunday qilib, har tomonlama o'rganish gil namunalarining tarkibi va tuzilishi haqida qimmatli ma'lumotlarni olish imkonini berdi, bu ularning xususiyatlarini yanada o'rganishni davom ettirish va turli sohalarida qo'llanilishi bildiradi.

Tarkibning granulometrik tahlili cho'kindini doimiy tortish usuli yordamida amalga oshirildi. Katta zarrachalar ulushi (≥ 100 mkm) B2 gil namunasida B1 ga nisbatan yuqori (birinchi usulda mos ravishda, 19,5% ga nisbatan 15,1%, ikkinchi usulda 31,2% ga nisbatan 39,3%). Biroq, har ikkala usulga ko'ra, B2 namunadagi yirik zarrachalarning ulushi B1 namunaga nisbatan yuqori. B1 gili (80,6 mgekv/100 g) B2 giliga (65,5 mgekv/100 g) nisbatan solishtirilganda katta kation almashinish sig'imiga. Bu B1 giling tarkibida kation almashinadigan xususiyatlarga ega bo'lgan ko'proq qatlamli minerallar mavjudligidan dalolat beradi.

Azot adsorbsiyasi asosida umumiy g'ovaklik, g'ovaklar hajmi va taqsimoti kabi parametrlar aniqlangan bo'lib, bu ularning adsorbsion faolligini baholash imkonini beradi. Quyida olingan izotermalar keltirilgan (5-rasm).



A)



B)

5-rasm. Azotning adsorbsiya izotermalari: A) B1; B) B2

5-rasm. Azotning adsorbsiya izotermalari: A) B1; B) B2

Olingan izotermalar tegishli adsorbsion tenglamalar bilan tavsiflangan, olingan ma'lumotlar 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

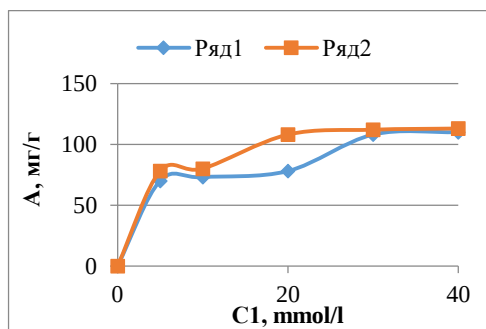
Bentonitlarning tekstur xususiyatlari

Namuna	S^1 , m ² /g	S^2 , m ² /g	V_o , gm ³ /g	V_b , sm ³ /g	R , Å	D^{**} , Å	D^{***} , Å
B1	56,3	65,4	0,089	0,101	41,48	16,36	6,51
B2	42,7	62,5	0,071	0,082	45,65	18,44	8,43

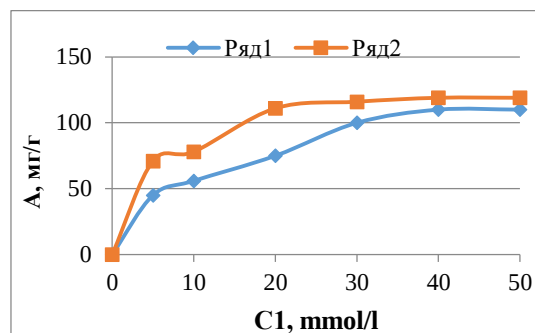
1— BET bo'yicha nisbiy yuza; 2 — Lengmyur bo'yicha nisbiy yuza; ** - g'ovakning o'rtacha kengligi; *** - mikrog'ovak o'rtacha hajmi; R — g'ovakning o'rtacha o'lchami.

B1 namunasi yuqori solishtirma sirt yuza va kichikroq g'ovaklarga ega bo'lib, bu uni adsorbsiya va kataliz kabi ma'lum jarayonlarda foydalanish uchun samarali bo'lishi mumkin. Boshqa jihatdan, B2 namunasi katta g'ovaklarga egaligi bois extimol yuqori o'tuvchanlik talab qilinadigan boshqa vazifalarda afzalroq bo'lishi mumkin. Tabiiy gillardan foydalanganda og'ir metall ionlarini adsorbsiyalash jarayonida montmorillonitning kristall strukturasi almashinish tugunlaridan kationlar ajralib chiqadi, bu esa ushbu kationlarning eritmalaridagi metall ionlari bilan almashinishini bildiradi.

6- va 7-rasmlarda o'rganilayotgan bentonitlarda mis (II) va qo'rg'oshinning (II) adsorbsiyasi izotermalari (jarayon sharoitlari: $t=25\pm 1^\circ\text{C}$, $\text{pH}=7$) keltirilgan.



6-рasm. Pb²⁺ adsorbsiyasi izotermilari:
1) B2; 2) B1.



7-рasm. Cu²⁺ adsorbsiyasi izotermilari: 1) B2; 2) B1.

Adsorbsiya izotermasidan ko'rinib turibdiki, B1 namunasi A (mg/g) adsorbsiya miqdorining yuqori qiymatlari bilan tavsiflanadi va uning qiymati 40 mg/l muvozanat konsentratsiyasida Pb²⁺ va Cu²⁺ bo'yicha mos ravishda 111 va 120 mg/g ni tashkil etadi. B1 namuna uchun adsorbsiya izotermilari B2 dan farqli o'laroq, yaqqol zinasimon ko'rinishni namoyish etib, bunda abssissadagi muvozanat konsentratsiyasining ortishi bilan ionlar konsentratsiyaning bir xil o'sishi kuzatiladi.

Xulosa va takliflar. Mineralogik tadqiqotlar B1 va B2 namunalarida montmorillonitni yuqori ekanligini va bu gillarda faol sorbentlar ko'p ekanligini tasdiqladi. Elektron mikroskopik tahlil montmorillonit agregatlarining turli shakllarini ko'rsatadi, bu namunalar orasidagi mineralarning mikro tuzilishidagi farqni aks ettiradi. Gilning kimyoviy tarkibi xilma xil bo'lib, bu ular tarkibidagi O, Si, Al, Na va Ca elementlari miqdorda ko'ra, bu ularning mineralogik xossasi turlicha ekanligini xarakterlaydi. B2 asosan yirik va o'rta o'lchamli g'ovaklikni o'z ichiga oladi, B1 gil esa mayda teshikchalardan iborat bo'ladi.

B1 va B2 gillar tahlili ko'rsatdiki ularni kation tarkibi va xossalari turlicha ekan. B1 gil tarkibiga Na⁺ kation ustunlik qilsa, B2 gilda nisbatan yuqori kation almashinuvi kompleksiga ega, Ca²⁺ ustunlik qiladi. Bu farqlar bu gillarning turli mineralogik tabiati va shakllanish sharoitlaridan dalolat beradi. B1 gilning yuqori kation almashinuv xossasi uning tarkibida smektit kabi qatlamli minerallar ko'pligi bilan bog'liq. B1 va B2 gil namunalari tuzilishidagi farqlar xususiyatlarini o'rganish davomida ularning sezilarli darajada farqli borligini ko'rsatdi. B1 namunani solishtirma sirt yuzasi B2 namunaga nisbatan ancha katta, bu B1 ning yuqori adsorbsion quvvatga ega ekanligidan dalolat beradi. Shu bilan birga, B2 namunasidagi mikrog'ovaklarning o'rta hajmi kattaroqdir, bu uning katalitik jarayonlardagi moddalar bilan intensiv ta'sir o'tkazish xususiyatlarida namoyon bo'ladi.

Adsorbsiya jarayoni kinetiksini o'rganish davomida shu narsa ayon bo'ldiki, adsorbsiyaning birinchi faol bosqichi metall kationlarining sorbsiya tezligi maksimal katta bo'lishi ayniqsa ko'zga tashlanadi. B1 namunasi dastlabki vaqt oralig'ida yuqori adsorbsion faollikni ko'rsatdi, bu elektrostatik o'zaro ta'sirlar va sirdagi faol markazlarning yuqori zichligi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Keyingi jarayonlarda, sirt yuza qatlamning faolligini pasayishi va sorbent ichidagi faol joylarga kationlarning ko'chishi tufayli adsorbsiya jarayoni sekinlashadi. B1 va B2 gillarida mis va qo'rg'oshin ionlarining sorbsiyasida farq qayd etildi. B1 uchun adsorbsiya izotermilar pog'onali (zinasimon) ko'rinish bilan ifodalandi, B2 da esa bir xilda o'sishi kuzatildi. Bu namunalarning kimyoviy va mineralogik tabiati va ularning g'ovakli tuzilishidagi farq bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

Shunday qilib, olib borilgan tadqiqotlar sorbentning o'ziga xos xususiyatlarini va adsorbsiya jarayonining xususiyatlarini hisobga olgan holda to'g'ri tanlash muhimligini ta'kidlaydi.

ADABIYOTLAR

- Бондаренко, А. В. Исследование ионообменных и адсорбционных свойств катионзамещенных форм слоистых силикатов / А. В. Бондаренко, Л. И. Бельчинская, Н. С. Поляков и др. // Физико-химические процессы в конденсированном состоянии и на межфазных границах: материалы II Всероссийской конференции («Фазгран – 2004»). – Воронеж, 2004 г. – Т. 2. – С. 528-529.
- Бельчинская, Л. И. Адсорбционные характеристики модифицированного органосилоксанами природного минерала с клиноптилолитовой структурной составляющей / Л. И. Бельчинская, О. Ю. Стрельникова // Сорбенты как фактор качества жизни и здоровья : материалы II Всерос. науч. конф. с междунар. участием, Белгород, 18-13 сент. 2006 г. – Белгород : Изд-во БелГУ, 2006. – С. 29-3. Paygamon, R., Abdikamalova, M., Eshmetov, I., Ergashev, O. Adsorption properties of carbon adsorbents based on wood waste / E3S Web of Conferences, 2023, 401, 02013
- Usmanov R.M., Abdikamalova A.B., Eshmetov I.D., Kuldasheva Sh.A Obtaining coal adsorbents based on local wood waste, research of their physico-chemical and adsorption properties Journal of Critical Reviews 12 (7), 2394-5125.
- Уташев Ё.И., Маматалиев Н.Н., Абдикамалова А.Б. Исследование адсорбционных свойств Al-интеркалированных монтмориллонитов по отношению к Cr₂O₇²⁻ ионам // Universum: техническиенауки:электроннаучн.журн.2021.11(92).URL:https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12594(дата обращения: 20.09.2023).
- Маматалиев Н.Н. Адсорбционная активность логонского бентонита и его пиллар форм по отношению к красителям // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2022. 5(98). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13717 (дата обращения: 20.09.2023).
- Белецкая, В. А. Адсорбционно-каталитические свойства алюмосиликатов / В. А. Белецкая // Сорбенты как фактор качества жизни и здоровья : материалы II Всерос. науч. конф. с междунар. участием, Белгород, 18-13 сент. 2006 г. – Белгород : изд-во БелГУ, 2006. – С. 23-27.
- Голдовская-Перистая, Л. Ф. Исследование способности купинской и протопоповской глин сорбировать тяжелые металлы (медь, и свинец) из водных растворов / Л. Ф. Голдовская-Перистая, А. И. Везенцев, С. А. Гончаренко и др. // Сорбенты как фактор качества жизни и здоровья : материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, Белгород, 11-14 окт. 2004 г. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2004. – С. 46-19.
- Везенцев, А. И. Вещественный состав и сорбционные характеристики монтмориллонитсодержащих глин. / А. И.

- Везенцев, Н. А. Воловичева // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2006. – Т. 6, вып. 4. – С. 639-643.
9. Mamadoliev, I., Fayzullayev, N., Yuldashev, S., Urakov, S., & Baykulov, A. (2024, November). Enrichment and modification of bentonite clay processes influence on structural characteristics. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3244, No. 1). AIP Publishing
10. Mamadoliev, I. I., Fayzullaev, N. I. (2020) Optimization of the Activation Conditions of High Silicon Zeolite International Journal of Advanced Science and Technology 29(3), 6807 – 6813
11. N. Fayzullayev., I. Mamadoliev // Study of methods of chemisorption purification of hydrogen sulfide in natural gases with natural sorbent// E3S Web of Conferences 401, 04052 (2023)